

Universidad Publica de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

PROYECTO

PLANTACIÓN DE OLIVOS EN CADREITA (NAVARRA)

presentado por

CÉSAR OCHOA PRAT. *(e)k*

aurkeztua

**INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL RURAL
*NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAKO***

**Mención Hortofruticultura, jardinería y paisaje
*Baratzezitntza, frutagintza, lorezaintza eta paisaia aipanema***

junio, 2014 / *ekaina, 2014*

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

PROYECTO FIN DE GRADO DE INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
DEL MEDIO RURAL

Plantación de olivos en Cadreita (Navarra)

Proyecto fin de grado presentado por
César Ochoa Prat al obtejo de optar
al título grado de Ingeniería
Agroalimentaria y de Medio Rural
Dirigido por D. Gonzaga Santesteban
García profesor del Departamento
de Producción Agraria

Vº Bº El Director del Proyecto:

Presentado por:

Gonzaga Santesteban García

César Ochoa Prat

AGRADECIMIENTOS

Sin duda el presente Proyecto de fin de grado lleva implícita la necesidad de manifestar mi más sincero y cordial agradecimiento a todas las personas que han hecho posible su desarrollo, en concreto a,

Gonzaga Santesteban García por su dirección, instrucción, ofrecimiento y disponibilidad, pero sobre todo por su ayuda, diálogo, comprensión y flexibilidad, sin entender de horarios.

Enrique López Azcárate director técnico de la Finca La Boquera por todo lo que me ha enseñado y ayudado en este Proyecto.

A Bodegas Nekeas, Trujal Almazara de Tudela y Sección de Meteorología de Tragsatec por la información aportada y su ayuda desinteresada.

A mis compañeros de curso por el buen rollo creado.

A mi cuñado Rafa por su eterna paciencia y ayuda; y sobre todo a Mónica que es la que se merece un enorme y eterno agradecimiento por haberse ocupado durante todo este tiempo, de “desocuparme” de las obligaciones familiares para sacar tiempo y dedicarlo al presente Proyecto.

Gracias a todos!!!

ÍNDICE PROYECTO

ÍNDICE GENERAL

ANTEPROYECTO

- ✓ Memoria
- ✓ Anejo A1 Estudio Climático
- ✓ Anejo A2 Descripción Parcela

PROYECTO

- ✓ Memoria
- ✓ Anejo 1 Suelo
- ✓ Anejo 2 Elección Especie, Marco Plantación y Variedad
- ✓ Anejo 3 Biología y Fisiología del Olivo
- ✓ Anejo 4 Plantación
- ✓ Anejo 5 Riego
- ✓ Anejo 6 Mantenimiento Suelo
- ✓ Anejo 7 Poda
- ✓ Anejo 8 Fertilización
- ✓ Anejo 9 Protección de Cultivo
- ✓ Anejo 10 Recolección
- ✓ Anejo 11 Maquinaria
- ✓ Anejo 12 Estudio Económico
- ✓ Planos
- ✓ Presupuesto
- ✓ Bibliografía

RESUMEN PROYECTO

RESUMEN DEL PROYECTO

Se redacta el presente Proyecto de "Plantación de olivos en Cadreita (Navarra) por César Ochoa Prat Ingeniero Técnico en Hortofruticultura y Jardinería por la UPNA desde 1999 y actualmente alumno del curso de adaptación al Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural de la Universidad Pública de Navarra.

La idea de realizar el presente Proyecto en torno al cultivo del olivo vino motivada por un doble cúmulo de circunstancias. Como primer punto, el interés en diseñar una plantación aplicando una agricultura moderna y tecnificada en regadío, mecanizable en todas las labores posibles, y que sea rentable, unido al ofrecimiento e interés por parte de la "oficina técnica" de la E.T.S.I.A. a este tipo de proyectos.

Como punto de partida se realizó un Anteproyecto donde se incluyó un estudio climático de la zona (Anejo A1) y la descripción de una parcela de 77 hectáreas elegida para implantar el cultivo del olivo (Anejo A2) y asegurar que dicho cultivo era apto en la ubicación pensada.

A partir de aquí se realizaron los estudios pertinentes de clasificación de suelo para así confirmar la posibilidad de explotación del cultivo.

Una vez confirmada la viabilidad agronómica del olivo en la parcela deseada, se detallaron diferentes alternativas en cuanto a variedades y densidades de plantación se refiere, eligiendo finalmente la variedad arbequina con una densidad 1.670 plantas por hectárea y un marco de 4m*1,5m .

La plantación será de forma escalonada en 3 lotes anuales de diferentes superficies (23 has el primer año, 22 has el segundo año y 32 has el último año).

En la explotación del olivar se detallan soluciones concretas referentes al mantenimiento del suelo, fertilización, podas, protección del cultivo frente a plagas y enfermedades y maquinaria necesaria.

Además se realizó un estudio de la disponibilidad y necesidades de agua del suelo para con los resultados obtenidos poder diseñar los sectores de riego.

Por último, tras realizar un presupuesto y una estimación de los gastos e ingresos de la explotación, se realizó un estudio preliminar de viabilidad económica.

Universidad Publica de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

ANTEPROYECTO

PLANTACIÓN DE OLIVOS EN CADREITA (NAVARRA)

presentado por

CÉSAR OCHOA PRAT. (e)k

aurkeztua

**INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL RURAL
*NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAKO***

**Mención Hortofruticultura, jardinería y paisaje
*Baratzeztntza, frutagintza, lorezaintza eta paisaia aipanema***

junio, 2014 / *ekaina, 2014*

ÍNDICE

ANTEPROYECTO

0. ÍNDICE

MEMORIA

ANEJOS

- ✓ ANEJO A1 "ESTUDIO CLIMÁTICO"
- ✓ ANEJO A2 "DESCRIPCIÓN PARCELA"

MEMORIA ANTEPROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el sector de la olivicultura y el del aceite de oliva tiene una alta demanda de mercado y más si cabe en Navarra a raíz de la entrada en vigor del Reglamento de Ejecución (UE) Nº 898/2013 de la Comisión de 9 de septiembre de 2013 por el que se inscribe en el Registro de Denominaciones de Origen Protegidas y de Indicaciones Geográficas Protegidas, el "*Aceite de Navarra (DOP)*"

La idea de la redacción del Anteproyecto "Plantación de olivos en Cadreita (Navarra)" es estudiar y tratar de justificar la idea de realizar una plantación de olivos en las parcelas elegidas en dicho municipio teniendo en cuenta primeramente la idoneidad climática para este tipo de cultivos, y por supuesto, la validez de las parcelas elegidas para la plantación.

El siguiente paso, si es caso que las conclusiones del Anteproyecto son positivas para la implantación de este cultivo en la zona elegida, será la redacción más detallada del proyecto propiamente dicho.

2. PARCELA

Se eligieron las siguientes 12 parcelas unidas entre sí y localizadas en el término municipal de Cadreita (Navarra) para formar una finca de 77,13 hectáreas debido a sus dimensiones, accesos y previsible calidad del suelo apta para el cultivo, teniendo en cuenta los cultivos precedentes y limítrofes de las mismas.

Municipio	Polígono	Parcela	Subárea	Paraje	Superficie (has)	Uso
Cadreita	3	79	A	La Muga	46,43	TLR
Cadreita	3	52		La Boquera	0,56	TLR
Cadreita	3	51		Currusco	2,17	TLR
Cadreita	3	48		Currusco	12,1	TLR
Cadreita	3	47		Valcaldera	0,14	TLR
Cadreita	3	45		Valcaldera	5,37	TLR
Cadreita	3	43		Valcaldera	0,78	TLR
Cadreita	3	42		Valcaldera	0,77	TLR
Cadreita	3	13		Valcaldera	2,93	TLR
Cadreita	3	10		Valcaldera	1,54	TLR
Cadreita	3	9		Valcaldera	2,87	TLR
Cadreita	3	5		La Muga	1,47	TLR
TOTAL (has)					77,13	



Se trata de una finca prácticamente rectangular a excepción de un entrante en forma triangular en su parte sur.

Tiene una topografía plana con pendientes inferiores al 3%.

En la orientación este limita con un camino rural que discurre paralelo a la autopista AP-15 y al actual trazado en construcción del tren de alta velocidad.

Hacia el oeste linda con unas plantaciones de viña en espaldera propiedad de bodega próxima.

En orientación sur con una explotación hortícola de cultivo protegido por invernaderos multicapilla.

Al norte, la explotación limita con un camino rural que hace de muga con el término municipal de Villafranca. Las parcelas junto al camino pertenecientes al citado municipio son de cultivos herbáceos de regadío.

El tamaño, topografía y forma permite un máximo aprovechamiento tanto de los cultivos como de la mecanización.

La naturaleza del terreno, a simple vista y teniendo en cuenta los cultivos anteriores y limítrofes, parece de alta calidad. Es de color marrón oscuro y bastante uniforme con apariencia textural franca. La impresión es de tener un adecuado contenido en materia orgánica. No se aprecian eflorescencias salinas y no tiene aspecto de encharcarse.

Los cultivos más frecuentes que rodean la zona son viñas y olivos en espaldera, hortalizas tanto al aire libre como protegidas en invernadero y cereales todos ellos de regadío.

3. CLIMA

Ante el establecimiento de un nuevo cultivo debemos conocer y estudiar los factores abióticos más relevantes que influyen sobre él y por tanto el estudio del clima en la zona de cultivo es quizás el más importante de este tipo de factores a tener en cuenta a la hora de instaurar el cultivo.

Los datos climáticos se tomaron de la estación meteorológica automática de Cadreita que es la que por proximidad, orientación y altitud más se ajustaba a las características de las parcelas de estudio.

La estación meteorológica automática de Cadreita se encuentra situada al suroeste de la localidad en las instalaciones del Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) a unos 4 km en línea recta de la plantación y con condiciones de topografía y altitud similares a las de la parcela (290 m de altitud aproximadamente).

La literatura técnica consultable, estima que son suficientemente fiables las medidas de 10 años para temperaturas y 30 años para pluviometría (parámetros de mayor variabilidad). Se trabajó entonces, con series desde 15 años y 6 meses para todos los datos, es decir desde junio de 1992 a diciembre de 2013.

Existía la posibilidad de trabajar con una estación manual localizada a escasos metros y misma altitud que la elegida para la recogida de datos con series de mayor duración, pero debido a la menor fiabilidad, precisión y tipo de datos recogidos, se utilizó finalmente la estación automática.

La conclusión fundamental que se desprendió del estudio climático es que el cultivo del olivo es compatible con el clima de la zona aún con riesgo frecuente de heladas en invierno y muy poco frecuentes en primavera, otoño y verano, siendo mayor en primavera que en otoño, y por supuesto que en verano. Las heladas invernales pueden causar daños en partes vegetales (incluso muerte de plantas, si se dan coincidencias especiales: debilidad, plantas jóvenes...). Las heladas primaverales y otoñales se asocian más a daños en flores y frutos.

4. SUELO

El suelo presenta tanta variabilidad, incluso dentro de una parcela, que resulta imprescindible realizar un estudio concreto, directo y detallado del suelo de la parcela por mucho que existan publicados estudios y mapas de suelos de buen nivel científico-técnico.

Antes de realizar la analítica de la finca, se realizaron una serie de estudios preliminares de cartografía y geología de las parcelas a través de los mapas y ortofotos del Gobierno de Navarra, a parte de llevarse a cabo varias visitas *in situ*.

De esta serie de estudios preliminares del suelo llevados a cabo en una escala no lo suficientemente precisa como sería requerida, se pudo concluir que las parcelas son bastante homogéneas en lo que a la superficie del suelo se refiere y no siguen un patrón diferenciador de unas zonas a otras, pero sin embargo, sí que se apreciaron ciertos matices que se podrían tener en cuenta a la hora de realizar una analítica del suelo.

Para obrar correctamente, se hizo previo a la toma de muestras, un plan de calicatas para observar las distintas capas de los horizontes de cada zona y la profundidad de las capas cultivables.

Antes de realizar una analítica en detalle del suelo y teniendo en cuenta los citados estudios preliminares, los cultivos precedentes y limítrofes y la experiencia técnica, el cultivo del olivo en estas parcelas, en lo que a limitaciones de suelo se refiere, sería una opción válida.

5. ELECCIÓN DEL MARCO Y VARIEDAD

La decisión de cultivar una variedad y marco de plantación es importante de cara a la rentabilidad económica del proyecto.

Esta elección condiciona además, otros aspectos claves de la explotación como: mecanización, conducción, etc.

La toma de estas decisiones entraña riesgos puesto que no se podrá comprobar si la elección ha sido acertada hasta después de un número considerable de años.

Para la elección de la variedad habrá que tener en cuenta las diferentes características de cada una, calidad, precocidad, producción, respuesta a recolección mecanizada, rentabilidad y adaptación al clima de la zona y al marco elegido. Además de la demanda del mercado oleícola.

A la hora de elegir el marco, se tendrá en cuenta su precocidad en entrada en producción, rápida amortización, alta producción acumulada a corto plazo y recolección mecanizada

6. RIEGO

Una vez realizada la analítica del suelo, habrá que diseñar el sistema de riego teniendo en cuenta los aspectos agronómicos de las necesidades hídricas y los aspectos técnicos de diseño de la instalación.

7. ESTUDIO ECONÓMICO

Se deberán estimar los gastos anuales del cultivo, es decir, los costes variables y calcular los costes fijos que son las amortizaciones e intereses de las diferentes inversiones realizadas en la explotación como son la plantación, el riego, el mantenimiento de las instalaciones, el personal fijo, la contribución rústica y el arrendamiento de la finca.

Del mismo modo, habrá que calcular los ingresos estimados de la venta de aceituna, que durante los primeros años serán nulos e irán aumentando con el paso de las campañas hasta llegar a la máxima producción estimada.

8. CONCLUSIONES

Vistos los puntos anteriores del Anteproyecto "Plantación de olivos en Cadreita (Navarra)" se puede afirmar a primera vista que el cultivo del olivo en la finca elegida es agronómica y económicamente viable.

Faltaría la elección de la variedad, el marco de plantación y la forma de producción y gestión de la explotación que no se han tenido en cuenta en este documento porque el objetivo principal es afirmar la rentabilidad de la explotación.

Para ello se redactará el Proyecto "Plantación de olivos en Cadreita (Navarra)" que acompaña al presente documento donde se estudiarán diferentes alternativas para elegir las más adecuadas para el tipo de explotación que se quiere proyectar siempre con el objetivo de que sea rentable.

Cadreita a Junio de 2014

El autor del Proyecto

César Ochoa Prat

ANEJO A1 ESTUDIO CLIMÁTICO ANTEPROYECTO

1. OBJETIVO

El objetivo del presente anejo es el de caracterizar el clima habitual de las parcelas elegidas para conocer si la implantación del cultivo del olivo, se adapta perfectamente a las condiciones climáticas de la zona.

2. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL OLIVO

El cultivo del olivo es propio de climas mediterráneos caracterizados por inviernos suaves y veranos largos, cálidos y secos. Es más sensible al frío que otros frutales pero, al igual que ellos, experimenta un endurecimiento provocado por la acción de los fríos progresivos del otoño y entra en periodo de reposo, haciéndose resistente a temperaturas inferiores a 0° C.

El régimen de temperaturas que causan daños en el olivo son:

- ✓ En estado de reposo, temperaturas comprendidas entre 0° C y -5°C causan pequeñas heridas en brotes y ramas de poca edad que son puerta de entrada de enfermedades y plagas.
- ✓ Temperaturas entre -5° y -10° C pueden causar daños mayores a brotes y ramas de poca edad que en ocasiones provocan su muerte.
- ✓ Temperaturas inferiores a los -10°C causan la muerte de ramas de gran tamaño e incluso de toda la parte la aérea (Sibbett y Osgood, 1994).
- ✓ Durante el periodo de crecimiento y maduración del fruto, temperaturas inferiores a 0°C lo dañan, mermando la producción y disminuyendo la calidad del aceite obtenido.
- ✓ Cuando el olivo está movido, temperaturas ligeramente inferiores a 0°C pueden causar daños graves en brotes provocando la muerte de yemas y hojas tiernas (recién formadas); y temperaturas bajas, ligeramente superiores a 0° C, pueden afectar a la floración provocando una formación incompleta de la flor.

Estos daños, serán menores, cuanto menor sea la duración de las bajas temperaturas y la brusquedad con que se produzcan.

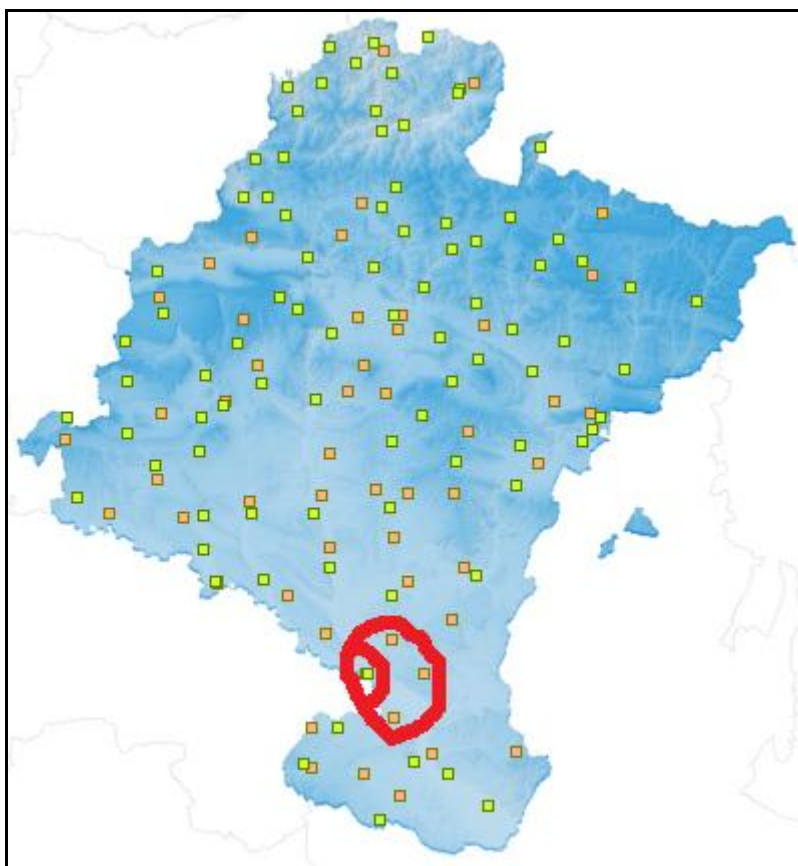
En aquellos lugares donde se den con frecuencia moderada temperaturas bajas, por debajo de las descritas, no se deben realizar plantaciones de olivos.

3. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

3.1. Situación del observatorio

Teniendo en cuenta la localización de las parcelas donde se van a implantar los olivos, se busca en la red de estaciones meteorológicas de Navarra oficiales más cercanas.

De las cinco posibles opciones, cuatro de ellas son automáticas (Barranco y Yugo ambas en Bardenas, Montes de Cierzo en Tudela e INTIA en Cadreita) y una manual en Cadreita.



Red de estaciones meteorológicas del Gobierno de Navarra

Todas ellas son de similares características en cuanto a altitud y topografía se refiere, pero por cercanía al lugar de plantación, se consideran las estaciones de Cadreita como las más adecuadas.

De estas dos posibles fuentes de datos cercanas, se descarta la estación manual pese a tener una serie de datos desde el año 1920. El motivo de la no elección de esta estación meteorológica es la poca fiabilidad, precisión y tipo de datos recogidos. Por tanto, se escogen los datos de la estación de datos automática con una serie de datos desde el 31 de mayo del año 1998 hasta 2013.

Una estación meteorológica automática es un equipo de adquisición de datos en el que los instrumentos efectúan, almacenan y transmiten las observaciones de forma automática, sin necesidad de la presencia de personal.

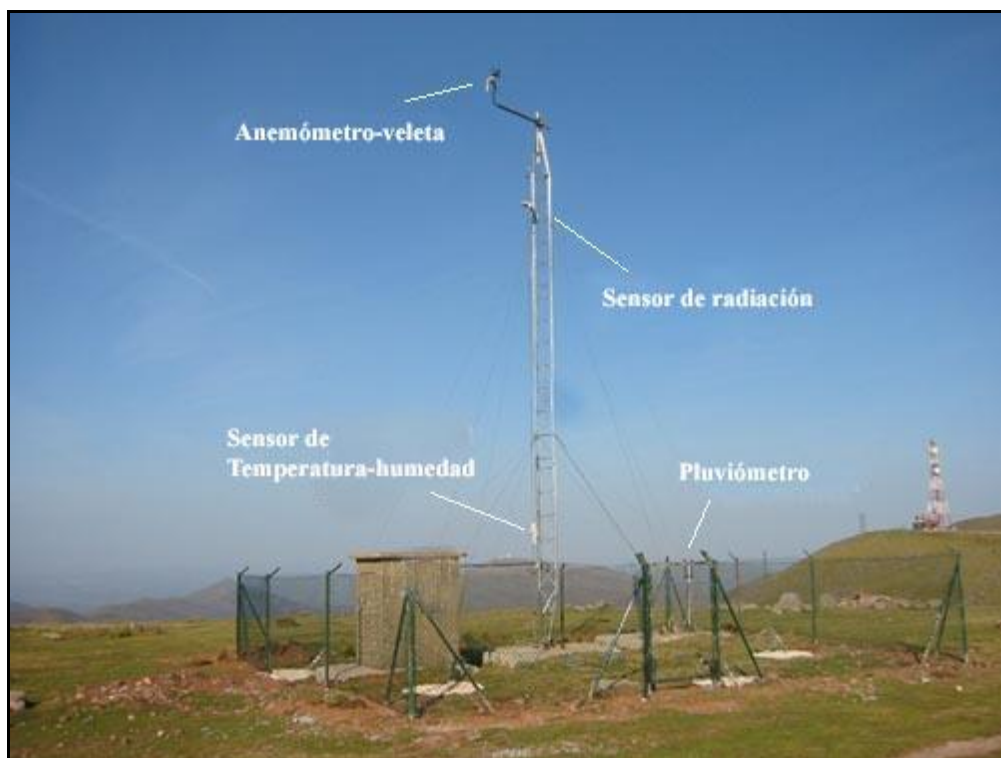
Surgieron de la necesidad de obtener información en ubicaciones con dificultad de acceso o en lugares inhóspitos.

Inicialmente se utilizaron para complementar la red de estaciones meteorológicas.

La configuración tipo de una estación automática es:

- ✓ Torre o trípode
- ✓ Sensores: características para su elección (resolución, etc.)
- ✓ Sistema de adquisición de datos (datalogger)
- ✓ Comunicaciones (modem, radio)

Ventajas respecto de las estaciones manuales: más consistentes en sus medidas, dan datos a mayor frecuencia, dan datos en todo el tiempo (24 h, todos los días), se pueden colocar en zonas aisladas. Inconvenientes: la captación de cierta información es difícil de automatizar (nieve, nubes), necesidad de inversión, menos flexibles que los observadores



Componentes de una estación meteorológica automática

La literatura técnica consultable, estima que son suficientemente fiables las medidas de 10 años para temperaturas y 30 años para pluviometría (parámetros de mayor variabilidad). Se ha trabajado entonces, con series desde 15 años y 6 meses para todos los datos, es decir desde junio de 1992 a diciembre de 2013.



Estación meteorológica automática de Cadreita

Identificación y situación

- ✓ Nombre: Cadreita INTIA
- ✓ Tipo: automática
- ✓ Propiedad: Gobierno de Navarra-INTIA
- ✓ Altitud: 267 m
- ✓ X: 605801 Y: 4673642 (*)
- ✓ Fecha de instalación: 31/05/1998

(*) Coordenadas en el sistema de referencia ETRS89, proyección UTM huso 30

La estación meteorológica automática de Cadreita se encuentra situada al suroeste de la localidad en las instalaciones del Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) a unos 4 km en línea recta de la plantación y con condiciones de topografía y altitud similares a las de la parcela (290 m de altitud aproximadamente).

Datos climáticos disponibles

- ✓ Intervalo de recogida de datos: 01/06/1998-31/12/2013.
- ✓ 185 meses en total.
- ✓ De noviembre de 1998 y abril de 2001 no hay datos disponibles.
- ✓ Hay algunos días sueltos sin datos en toda la serie. Los datos que faltan no se consideran relevantes por estar definida la tendencia de los resultados dentro del mes en el que se encuadran.

-
- ✓ A la hora de contabilizar el intervalo de días sin heladas y el primer y último día de cada mes en que la temperatura ha bajado de 0 °C, en los meses en los cuales no había datos, se han recopilado los datos de la estación meteorológica manual de Cadreita puesto que se encuentran situadas muy próximas y es un factor que se considera de alta importancia para el cultivo.

3.2. Termometría

3.2.1. Temperatura media

Temperatura media anual = 13,6 °C

Ver cuadro 3.2.1.- Temperaturas medias (°C).

Medias estacionales

- ✓ Invierno (diciembre, enero, febrero) = 5,7 °C
- ✓ Primavera (marzo, abril, mayo) = 12,9 °C
- ✓ Verano (junio, julio, agosto) = 21,6 °C
- ✓ Otoño (septiembre, octubre, noviembre) = 14,1 °C

3.2.2. Temperatura máxima absoluta

Temperatura media de máximas absolutas = 26,9 °C

Ver cuadro 3.2.2.- Temperaturas máximas absolutas (°C).

3.2.3. Temperatura mínima absoluta

Temperatura media de mínimas absolutas = 1,7 °C

Ver cuadro 3.2.3.- Temperaturas mínimas absolutas (°C).

3.2.4. Temperatura máxima media

Temperatura media de máxima media = 19,9 °C

Ver cuadro 3.2.4.- Temperaturas máximas medias (°C).

3.2.5. Temperatura mínima media

Temperatura media de mínima media = 7,6 °C

Ver cuadro 3.2.5.- Temperaturas mínimas medias (°C).

Criterio de Emerger

- ✓ $T_{mm} < 0\text{ °C} \Rightarrow$ Riesgo de helada seguro
- ✓ $0\text{ °C} < T_{mm} < 3\text{ °C} \Rightarrow$ Riesgo de helada frecuente
- ✓ $3\text{ °C} < T_{mm} < 7\text{ °C} \Rightarrow$ Riesgo de helada poco frecuente
- ✓ $T_{mm} > 7\text{ °C} \Rightarrow$ Riesgo de helada muy poco frecuente

Medias estacionales

- ✓ Invierno (diciembre, enero, febrero) = $0,9^{\circ}\text{C}$
- ✓ Primavera (marzo, abril, mayo) = $6,7^{\circ}\text{C}$
- ✓ Verano (junio, julio, agosto) = $14,5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Otoño (septiembre, octubre, noviembre) = $8,3^{\circ}\text{C}$

Conclusión

El riesgo de heladas en invierno es frecuente.

En primavera el riesgo de helada es poco frecuente. La temperatura mínima de esta estación es muy próxima al límite para considerarse riesgo de helada muy poco frecuente.

En otoño y verano, el riesgo de helada es muy poco frecuente siendo evidentemente el riesgo mayor en otoño que en verano.

Ver cuadro 3.2.6.- Primer y último día de helada.

3.2.6. Horas frío

La acción del frío se manifiesta solamente sobre los letargos verdaderos que son aquéllos debidos a causas endógenas, propias de las yemas o embriones. Estas causas internas provocan la inhibición, aunque los factores externos sean los más adecuados para el crecimiento activo.

La acción del frío permite a las yemas salir del letargo e iniciar su brotación o germinación. En consecuencia, el frío ayuda a interrumpir el letargo, pero no se ha conseguido encontrar aun condiciones en las que el frío pueda anular la entrada en letargo de las yemas.

Las temperaturas que producen el frío estimulador son, generalmente, bajas, pero siempre superiores a los cero centígrados. Estas temperaturas son diferentes para las distintas especies y variedades cultivadas.

Los vegetales originarios de la zona templada suelen experimentar la estimulación con temperaturas comprendidas entre 3 y 7°C . Temperaturas superiores también pueden ejercer acción estimulante, pero su efecto es menos marcado. La acción del frío es acumulativa y la salida del letargo se produce después de haberse superado un cierto tiempo de exposición al frío.

La exigencia de frío de yemas o embriones para salir del letargo puede ser un mecanismo de defensa particularmente interesante para los vegetales de la zona templada, ya que unos días benignos en invierno o primavera podrían inducir la brotación o germinación dejando después los brotes o plántulas indefensas ante la acción de las heladas tardías.

Es un hecho probado que cada especie, y para mayor precisión aun, cada variedad cultivada, exige haber recibido durante su reposo invernal un cierto tiempo de exposición a la acción de temperaturas bajas estimuladoras. Este tiempo se mide contando como "horas frío" las que la planta está sometida a su acción, considerándose como temperaturas estimuladoras las inferiores a 7°C. Según Hartmann y Perlingis, (1957), el número de horas frío requerido para una floración máxima varía para cada variedad.

Cálculo de las horas frío

Las horas-frío pueden determinarse en una localidad, mediante conteo directo sobre las bandas del termógrafo, pero por existir pocos observatorios que proporcionen estas bandas y por las dificultades del trabajo, se prefiere acudir a formulas empíricas que permiten estimar aquéllas a partir de datos meteorológicos. Gil-Albert (1986) indica que las formulas de uso más generalizado son las siguientes:

- ✓ Según Weinberger (1956), el número de horas bajo 7°C, puede determinarse mediante el cuadro siguiente, en el que T es la media aritmética de las temperaturas medias de diciembre y enero.

Cuadro 2.3.6.1. - Horas bajo 7°C, según Weinberger.

T °C	13,2	12,3	11,4	10,6	9,8	9,0	8,3	7,6	6,9	6,3
Horas < 7°C	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350

Según los datos de la estación meteorológica automática de Cadreira para la serie de datos desde el 1 de junio de 1998 hasta 31 de diciembre de 2013, ambos días incluidos, la temperatura media de medias en el mes de enero es: 5,1 °C. Y en el mes de diciembre: 5,5 °C. Por tanto, la temperatura media de ambos meses será de: 5,3 °C.

Comparando este resultado con los datos de la tabla anterior, se tienen más de 1.350 horas frío, las cuales son más que suficientes para eliminar los letargos en el cultivo del olivo.

- ✓ Según Mota (1955), el numero mensual de horas bajo 7°C, puede calcularse mediante la expresión:

$$Y = 485,1 - 28,5 X$$

Siendo x la temperatura media mensual.

	T media (°C)	Y=485,1- 28,5X	Horas frío
enero	5,1	339,8	339,8
febrero	6,4	302,7	302,7
marzo	9,8	205,8	205,8
abril	12,5	128,9	128,9
mayo	16,5	14,9	14,9
junio	20,7	-104,9	0
julio	22,3	-150,5	0
agosto	21,8	-136,2	0
septiembre	18,5	-42,2	0
octubre	14,2	80,4	80,4
noviembre	9,5	214,4	214,4
diciembre	5,5	328,4	328,4
		TOTAL	1.615,1

No hay problema, y si se cumplen las horas frío requeridas por el olivo en la zona elegida, debido a que tanto las 1.615,1 horas frío calculadas por este método, como las 1.350 horas frío calculadas por el método anterior, superan los requerimientos de horas frío demandados por el olivo para salir de su letargo.

Cuadro 3.2.1.- Temperaturas medias (°C).

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	media
1998	--	--	--	--	--	20,5	21,8	19,9	18,8	12,2	--	4,7	16,3
1999	4,9	7,3	10,1	12,3	17,9	19,9	22,6	22,7	19,1	13,8	7,2	4,6	13,5
2000	3,0	8,7	9,8	11,9	17,2	20,7	21,4	21,7	18,4	13,1	7,4	7,5	13,4
2001	5,7	6,6	11,9	--	18,4	21,1	21,3	22,3	16,4	15,2	7,6	1,8	13,5
2002	5,1	7,8	11,2	12,8	15,3	20,8	20,8	20,0	17,5	13,7	10,5	8,1	13,6
2003	6,2	6,1	10,8	13,3	16,5	23,6	23,1	23,5	17,9	13,3	9,1	6,8	14,2
2004	6,7	5,1	7,9	11,0	15,4	22,4	22,0	22,0	20,7	15,1	7,5	7,0	13,5
2005	3,8	3,8	8,8	12,4	16,8	22,7	22,9	21,2	18,1	15,0	8,0	3,3	13,1
2006	5,0	5,4	11,1	13,1	17,3	21,4	24,8	20,4	19,6	16,5	11,4	3,5	14,1
2007	5,4	8,4	8,8	13,7	16,7	20,1	21,6	20,6	17,8	13,9	8,5	4,7	13,4
2008	5,7	7,2	9,0	12,5	15,2	18,9	21,4	21,4	17,5	12,4	12,4	8,1	13,5
2009	4,2	6,6	9,7	11,3	17,7	21,5	22,6	22,6	18,4	15,3	9,9	5,4	13,8
2010	4,5	5,6	8,6	13,2	14,8	19,3	24,1	21,2	17,6	12,8	12,8	4,6	13,3
2011	4,3	6,5	9,2	15,0	17,8	19,7	20,9	23,1	20,1	14,5	12,6	6,9	14,2
2012	5,8	5,0	10,4	10,9	17,6	21,5	21,7	23,8	19,1	14,0	9,0	6,3	13,8
2013	6,2	6,1	9,2	11,5	12,2	17,7	24,0	22,0	19,1	15,9	9,2	4,1	13,1
media	5,1	6,4	9,8	12,5	16,5	20,7	22,3	21,8	18,5	14,2	9,5	5,5	13,6

Cuadro 3.2.2.- Temperaturas máximas absolutas (°C).

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agst	spt	oct	nov	dic	media
1998	--	--	--	--	--	36,3	36,7	34,1	33,6	22,8	--	18,0	30,3
1999	15,1	18,1	24,5	27,9	32,1	34,2	38,6	34,3	34,5	24,9	21,2	21,3	27,2
2000	7,4	19,9	25,7	26,3	30,9	36,0	36,5	36,5	34,1	26,7	19,3	20,1	26,6
2001	16,4	18,0	29,0	--	36,1	39,5	37,1	35,6	28,8	28,3	18,3	16,4	27,6
2002	17,6	18,0	28,1	28,0	31,9	37,5	36,5	33,9	28,5	27,2	21,6	17,5	27,2
2003	19,0	15,0	22,1	27,4	32,4	36,7	35,9	37,5	29,7	24,9	18,4	15,2	26,2
2004	18,1	16,6	22,1	25,6	28,6	36,9	35,6	35,7	33,0	28,3	17,3	14,5	26,0
2005	15,7	16,7	24,0	29,7	30,5	36,3	38,0	32,8	34,9	24,7	20,4	18,2	26,8
2006	14,5	19,8	25,0	23,2	33,3	33,2	37,8	31,7	35,1	26,6	18,5	18,4	26,4
2007	18,4	20,3	25,3	27,5	30,9	34,7	35,0	36,8	29,8	27,1	20,8	16,7	26,9
2008	18,1	19,7	22,6	28,3	27,4	34,7	35,5	37,2	30,9	24,9	16,0	14,5	25,8
2009	16,6	16,8	24,5	26,7	31,2	36,2	37,2	35,6	31,4	31,0	21,5	17,1	27,1
2010	12,5	19,3	23,1	27,6	29,3	32,4	36,1	37,6	33,1	26,9	22,5	19,2	26,6
2011	17,2	20,0	22,7	32,0	33,0	36,4	34,6	36,8	34,6	31,5	20,2	18,6	28,1
2012	16,7	20,4	25,7	24,1	33,1	38,4	37,9	39,2	34,0	28,5	20,6	16,9	28,0
2013	18,9	17,5	19,5	29,6	24,8	32,2	38,1	37,1	31,7	29,6	24,8	15,5	26,6
media	16,2	18,4	24,3	27,4	31,0	35,7	36,7	35,8	32,4	27,1	20,1	17,4	26,9

Cuadro 3.2.3.- Temperaturas mínimas absolutas (°C).

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agst	spt	oct	nov	dic	media
1998	--	--	--	--	--	7,5	11,3	13,3	9,7	1,5	--	-6,4	6,2
1999	-4,0	-1,6	-3,6	-2,6	8,1	9,3	13,1	11,2	7,2	2,9	-1,4	-5,1	2,8
2000	-7,7	-3,8	-3,9	-2,7	5,0	9,1	10,1	10,6	4,7	2,9	-3,1	-4,7	1,4
2001	-3,4	-5,0	-3,7	--	4,3	5,7	5,7	9,7	2,1	1,8	-4,4	-12,0	0,1
2002	-4,3	-4,3	-0,7	-3,3	2,7	6,4	8,5	7,6	5,8	0,9	-0,9	-1,5	1,4
2003	-5,2	-5,5	-2,6	0,8	6,6	12,2	10,8	11,3	7,2	2,2	-1,0	-0,9	3,0
2004	-3,1	-3,5	-2,9	1,4	4,4	9,5	8,7	11,2	6,4	5,0	-2,9	-1,1	2,8
2005	-3,9	-6,8	-7,4	-0,7	6,9	11,0	12,3	10,2	4,6	5,5	-2,5	-7,4	1,8
2006	-7,3	-5,8	-2,0	1,1	2,7	8,4	13,3	9,4	9,1	5,8	-1,9	-6,2	2,2
2007	-6,4	-2,8	-0,8	4,1	2,9	10,4	10,2	9,7	2,8	0,0	-7,6	-8,5	1,2
2008	-5,4	-3,5	-1,1	-1,0	5,6	7,2	8,5	8,7	3,5	-0,7	-6,0	-4,2	1,0
2009	-4,3	-4,7	-2,1	0,6	5,1	8,0	10,8	11,1	8,1	-1,7	-1,7	-7,5	1,8
2010	-4,5	-5,7	-4,8	-2,1	0,0	8,8	12,6	8,6	3,3	-1,3	-8,5	-7,6	-0,1
2011	-7,7	-5,3	-2,9	4,5	8,3	7,6	9,6	8,8	8,1	0,5	3,2	-5,2	2,5
2012	-5,4	-7,0	-1,8	0,0	4,9	8,0	9,3	11,5	5,3	-0,5	-0,4	-4,9	1,6
2013	-4,5	-3,3	-2,1	2,3	1,2	5,5	11,9	11,7	7,6	2,5	0,3	-6,2	2,2
media	-5,1	-4,6	-2,8	0,2	4,6	8,4	10,4	10,3	6,0	1,7	-2,6	-5,6	1,7

Cuadro 3.2.4.- Temperaturas máximas medias (°C)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agst	spt	oct	nov	dic	media
1998	--	--	--	--	--	26,8	29,0	25,6	25,0	19,0	--	9,4	22,5
1999	10,2	11,3	16,4	18,4	24,0	26,7	30,3	30,4	26,2	19,8	11,2	10,4	19,6
2000	8,6	15,9	17,5	17,3	23,8	27,8	28,7	39,9	26,7	19,0	13,2	12,5	20,9
2001	10,1	13,4	18,8	--	26,4	30,0	29,8	30,5	24,0	22,6	12,8	8,6	20,6
2002	10,6	14,3	17,8	19,4	21,9	28,3	28,2	27,2	25,0	20,7	16,1	12,4	20,1
2003	11,0	9,7	17,7	19,2	23,3	31,2	31,0	32,7	24,8	18,4	14,7	10,5	20,3
2004	11,5	9,4	13,3	16,7	21,8	30,0	26,6	29,7	27,5	20,5	11,9	10,5	19,1
2005	7,8	9,3	16,7	18,9	23,4	30,8	30,6	28,7	25,3	20,5	12,8	8,0	19,4
2006	8,7	12,0	17,5	19,7	24,5	29,4	33,3	27,5	26,8	22,1	16,4	8,5	20,5
2007	11,1	14,3	14,9	20,0	23,1	27,3	29,4	27,8	24,8	20,2	14,6	9,9	19,8
2008	12,1	14,0	15,0	18,9	21,1	25,8	29,7	29,7	25,1	19,2	12,5	9,0	19,3
2009	9,1	12,2	16,9	17,7	25,1	28,7	30,7	30,8	25,9	22,5	15,3	10,3	20,4
2010	8,8	10,4	14,9	19,9	20,9	25,7	32,3	29,0	25,7	19,7	13,3	9,4	19,2
2011	9,1	13,1	14,7	22,1	25,0	27,1	28,4	31,8	28,8	22,9	16,5	12,2	21,0
2012	11,0	10,9	18,5	16,9	24,7	29,5	29,6	32,7	26,6	20,7	13,7	12,0	20,6
2013	12,1	10,5	14,8	17,7	17,9	24,3	32,6	30,0	27,0	22,3	13,4	9,9	19,4
media	10,1	12,0	16,4	18,8	23,1	28,1	30,0	30,2	26,0	20,6	13,9	10,2	19,9

Cuadro 3.2.5.- Temperaturas mínimas medias (°C).

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agst	spt	oct	nov	dic	media
1998	--	--	--	--	--	13,8	15,0	14,6	13,1	6,7	--	0,2	10,5
1999	0,6	3,5	4,6	5,9	11,4	13,0	16,0	16,2	12,5	8,6	3,8	0,1	8,0
2000	-1,7	1,8	3,2	6,1	11,0	14,0	14,3	14,6	11,3	7,8	1,9	2,6	7,2
2001	1,3	0,7	4,6	--	10,0	12,3	13,0	14,4	9,6	8,3	3,1	-4,5	6,6
2002	0,6	2,1	5,3	6,2	8,5	13,5	13,7	13,1	10,8	7,5	5,0	4,5	7,6
2003	1,7	2,7	4,6	7,5	9,8	16,7	15,4	15,2	12,2	8,6	4,5	3,2	8,5
2004	2,4	1,5	2,8	5,5	9,4	15,2	15,0	15,3	15,8	10,2	3,7	3,5	8,4
2005	0,6	-1,1	1,7	6,4	10,5	15,4	15,4	14,6	12,1	10,2	3,5	-0,7	7,4
2006	1,1	-0,8	5,2	6,9	10,6	14,2	17,2	13,8	13,6	11,3	6,9	-1,1	8,2
2007	0,5	2,9	3,6	8,6	10,4	13,3	13,8	14,3	11,6	8,9	3,4	-0,7	7,5
2008	-0,2	1,5	3,1	6,1	9,9	12,8	13,7	14,0	11,1	6,8	3,9	1,8	7,1
2009	-0,2	1,7	3,1	5,1	10,8	14,3	15,0	15,5	12,4	9,7	4,7	1,3	7,8
2010	0,9	0,9	2,7	6,6	8,4	13,1	16,6	13,8	10,3	6,6	1,2	0,5	6,8
2011	0,0	0,9	4,0	8,7	10,9	12,9	14,1	15,4	12,9	7,1	9,2	1,9	8,2
2012	1,0	-0,4	2,6	5,8	11,1	13,9	14,4	15,9	12,7	8,4	4,9	1,1	7,6
2013	0,9	2,3	3,7	5,5	7,0	11,6	16,0	15,3	12,3	10,5	5,1	-1,0	7,4
media	0,6	1,3	3,6	6,5	10,0	13,8	14,9	14,7	12,1	8,6	4,3	0,8	7,6

Cuadro 3.2.6.- Primer y último día de helada.

	ene		feb		mar		abr		nov		dic		Intervalo sin heladas (días)
	Prim	Últim	Prim	Últim	Prim	Últim	Prim	Últim	Prim	Últim	Prim	Últim	
1998	3*	27*	6*	28*	2*	3*	11	11	7*	23*	1	30	209
1999	2	31	1	14	4	24	16	16	4	30	1	31	201
2000	3	31	1	29	1	30	1	7	4	26	3	27	210
2001	3*	26	3	28	1	15			21	28	1	30	234
2002	10	31	1	26	2	3	5	5	27	27	13	16	235
2003	9	31	1*	19	18	19			19	26	2	16	232
2004	1	30	8	29	1	14			17	30	1	7	230
2005	3	30	4	28	1	13	17	19	7	29	3	29	201
2006	12	30	1	25	1	2			30	30	7	31	243
2007	1	29	2	15	12	21*			17	22	1	31	230
2008	1	31	1	16	9	10	15	15	26	30	1	27	224
2009	3	25	15	28	10	19			24	30	12	27	237
2010	1	28	1	20	2	17	2	5	11	30	1	30	219
2011	3	31	6	20	3	11					9*	28	213
2012	3	31	2	29	1	24			7	23	7	31	220
2013	3	29	10	27	3	23			16	28	2	31	229

* Días de helada según los datos de la estación meteorológica manual de Cadreita al no haber datos de la estación meteorológica automática.

3.3. Precipitación

La precipitación media anual es de *383,8 mm*.

Ver cuadro 3.3.1. Precipitación mensual.

Ver cuadro 3.3.2. Número de días de lluvia.

Cuadro 3.3.1.- Precipitación mensual (mm)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	total
1998	--	--	--	--	--	--	16,5	2,8	54,1	7,4	--	--	80,8
1999	--	--	--	--	33,2	10,0	--	--	--	37,1	40,2	15,7	136,2
2000	13,2	0,8	17,6	45,2	63,4	31,7	4,7	22,6	30,3	61,4	55,5	24,3	370,7
2001	26,3	7,2	33,2	--	10,7	7,1	17,6	42,4	37,9	42,0	25,5	2,8	252,6
2002	18,2	11,9	24,8	33,5	40,6	39,8	18,2	26,9	41,6	42,8	27,7	56,2	382,2
2003	53,2	65,3	24,2	46,4	57,0	40,9	1,3	26,5	88,2	78,6	60,5	17,6	559,6
2004	36,2	49,2	56,2	91,8	43,7	4,0	12,1	21,6	46,4	39,9	30,3	52,6	483,9
2005	4,4	10,8	4,4	30,9	92,4	13,6	3,0	15,3	31,6	77,8	61,5	17,4	363,0
2006	21,4	34,9	25,0	52,6	43,5	41,8	22,7	11,9	94,3	27,1	32,6	9,3	417,1
2007	15,5	44,5	79,5	70,8	29,3	8,9	1,1	16,3	10,6	54,9	8,3	29,4	369,0
2008	14,4	13,1	31,2	41,8	124,6	7,8	26,3	12,5	21,6	57,7	62,3	56,8	470,0
2009	46,0	14,2	20,6	53,8	36,7	1,3	0,2	9,8	10,4	21,0	10,2	56,2	280,2
2010	21,4	35,8	15,7	30,9	35,2	26,3	4,0	2,3	3,6	1,5	3,0	1,1	180,8
2011	0,2	1,1	71,0	56,2	27,8	46,2	17,0	39,0	23,7	7,0	77,2	6,1	372,5
2012	10,4	3,2	16,1	80,6	24,6	22,5	3,4	13,4	20,6	122,7	50,2	5,9	373,5
2013	49,7	51,2	69,7	67,9	52,9	73,9	24,1	15,5	11,6	68,1	29,2	7,1	520,9
media	23,6	24,5	34,9	54,0	47,7	25,0	11,5	18,6	35,1	46,7	38,3	23,9	383,8

Cuadro 3.3.2.- Número de días de lluvia

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	total
1998	--	--	--	--	--	--	5	1	10	7	--	--	23
1999	--	--	--	--	8	4	--	--	--	12	11	14	49
2000	9	4	7	12	14	9	3	6	13	20	19	13	129
2001	11	12	10	--	4	2	9	6	8	17	7	7	93
2002	14	6	12	6	11	8	5	10	11	16	14	18	131
2003	18	11	11	17	8	11	4	6	14	20	19	15	154
2004	18	17	13	13	14	4	5	10	8	7	15	16	140
2005	10	10	6	12	12	9	5	6	8	17	17	12	124
2006	14	8	15	9	9	11	8	4	13	13	16	10	130
2007	13	18	13	16	10	7	3	5	5	12	3	13	118
2008	15	13	16	16	25	8	8	6	9	15	13	17	161
2009	20	8	5	12	11	5	1	5	1	5	11	20	104
2010	12	13	8	16	15	12	5	4	5	4	2	2	98
2011	1	2	13	7	7	12	8	3	4	3	13	4	77
2012	12	5	3	18	8	6	2	4	4	18	17	15	112
2013	20	18	22	16	17	8	12	4	6	9	13	14	159
media	13	10	11	13	12	8	6	5	8	12	13	13	123

3.4. Higrometría

La humedad relativa mensual es del 69,9%.

Ver cuadro 3.4.3. Humedad relativa (%).

Cuadro 3.4.3.- Humedad relativa (%)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agst	spt	oct	nov	dic	media
1998	--	--	--	--	--	58,3	59,5	59,7	69,6	76,7	--	80,9	67,5
1999	81,4	68,2	66,2	64,7	66,3	57,1	60,3	62,3	68,9	74,9	74,1	77,6	68,5
2000	75,4	65,8	60,9	65,6	65,6	57,9	59,5	62,9	67,5	74,6	79,4	79,0	67,8
2001	79,6	71,0	67,7	--	56,3	50,2	58,2	61,2	65,1	73,3	70,7	76,7	66,4
2002	82,1	70,5	62,3	57,1	59,3	55,9	58,4	64,5	69,3	78,2	78,2	85,4	68,4
2003	77,6	80,6	75,2	68,5	63,7	60,2	--	--	73,6	79,3	85,8	85,2	75,0
2004	83,4	83,3	73,9	70,6	66,7	55,4	60,4	64,9	75,3	73,9	80,5	81,3	72,5
2005	78,1	72,1	62,9	70,0	64,7	56,5	55,8	62,6	67,5	78,6	81,1	81,6	69,3
2006	84,6	70,3	70,6	69,1	65,8	58,1	60,4	60,5	72,3	76,2	81,5	84,9	71,2
2007	81,9	79,6	71,7	77,3	65,5	61,4	57,1	61,5	66,4	72,8	64,0	81,4	70,1
2008	83,6	82,2	70,7	67,5	75,9	67,7	62,3	63,9	68,0	77,5	77,1	84,9	73,4
2009	84,7	72,1	62,3	68,0	62,9	58,8	59,8	65,1	69,9	69,0	80,6	80,8	69,5
2010	80,8	75,7	66,8	66,3	64,7	61,8	58,9	62,8	68,9	71,0	80,7	80,9	69,9
2011	86,8	76,3	77,9	67,2	64,0	61,2	57,2	58,2	65,7	67,5	82,5	74,9	70,0
2012	80,0	60,0	60,1	70,3	62,4	57,6	55,1	58,5	62,9	77,9	82,8	80,9	67,4
2013	79,4	79,1	77,1	70,8	72,7	66,0	60,4	61,1	66,1	71,4	72,1	81,4	71,5
media	81,3	73,8	68,4	68,1	65,1	59,0	58,9	62,0	68,6	74,6	78,1	81,1	69,9

4. ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

Los índices termopluiométricos son relaciones numéricas entre los distintos elementos de un clima, que pretenden cuantificar la influencia de éste sobre el cultivo.

4.1. Índice de pluviosidad de Lang

Se calcula mediante la expresión:

$$I = P/T$$

P = precipitación anual en mm = 383,8 mm.

T = temperatura media anual en °C = 13,6 °C.

El índice de pluviosidad de Lang, en este caso es: $383,8/13,6 = 28,2$ °C

Tabla 4.1. Relación entre el índice de Lang y las zonas climáticas

INDICE DE PLUVIOSIDAD DE LANG	ZONA CLIMATICA
0-20	Zona desértica
20-40	Zona árida
40-60	Zona húmeda de estepa y sabana
60-100	Zona húmeda de bosques claros
100-160	Zona húmeda de bosques densos
Mayor de 160	Zona superhúmeda de pradostundras

Como puede observarse por el resultado, la zona elegida para la plantación de olivos está aproximadamente en la mitad de la zona climática denominada "zona árida".

La intensidad de precipitación a lo largo del año teniendo en cuenta la media mensual calcula mediante la fórmula:

$$I p = R/N$$

R = precipitación del mes.

N = número de días de precipitación.

	R (mm)	N (días)	I (mm/día)
enero	23,6	13	1,8
febrero	24,5	10	2,5
marzo	34,9	11	3,2
abril	54	13	4,2
mayo	47,7	12	4,0
junio	25	8	3,1
julio	11,5	6	1,9
agosto	18,6	5	3,7
septiembre	35,1	8	4,4
octubre	46,7	12	3,9
noviembre	38,3	13	2,9
diciembre	23,9	13	1,8
ANUAL	383,8	124	3,1

La intensidad de precipitación anual media del año medio (considerando 15 años y medio) es de 3,1 mm/día.

4.2. Índice de aridez de Martone

Se obtiene mediante la fórmula:

$$IM = P / (T + 10)$$

P = precipitación anual en mm = 383,8 mm.

T = temperatura media anual en °C = 13,6 °C.

Por lo tanto, en nuestro caso este índice es: $383,8/(13,6 + 10) = 16,3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tabla 4.2.- Relación entre el índice de Martone y las zonas climáticas

INDICE DE ARIDEZ DE MARTONE	ZONA CLIMÁTICA
0-5	Zona desértica
5-10	Zona semidesértica
10-20	Estepas y países secos mediterráneos
20-30	Regiones de olivo y cereal
30-40	Regiones sub-húmedas de prados y bosques
Mayor de 40	Zonas húmedas a muy húmedas

Según esta tabla, nos encontramos en una zona característica de estepa y de países secos mediterráneos.

4.3. Índice de Dantin Cereceda y Revenga

Con objeto de destacar la aridez de una zona climática, Dantin y Revenga proponen utilizar otro índice termopluviométrico, que definieron con la expresión:

$$IDR = 100 T/P$$

$T = \text{temperatura media anual} = 13,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

$P = \text{precipitación media anual} = 383,8\text{ mm.}$

Según esto el índice de aridez según Dantin-Revenga será de 3,5. A continuación se presenta la tabla de caracterización:

Tabla 4.3.- Relación entre el índice de Dantin-Revenga y las zonas climáticas

INDICE DE ARIDEZ DE DANTIN- REVENGA	ZONA CLIMÁTICA
IDR >4	Zona árida
$4 \geq \text{IDR} > 2$	Zona semiárida
$\text{IDR} \leq 2$	Zonas húmedas y subhúmedas

Comparando el índice que se obtiene en nuestra zona con el cuadro anterior, nos encontramos en una zona semiárida.

5. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

5.1. Clasificación agroecológica de Papadakis (1960)

Según Papadakis, una clasificación agroclimática se representa por la respuesta de los diferentes cultivos y no por los valores absolutos que puedan alcanzar los factores climáticos más representativos.

La clasificación agroecológica, se apoya en las siguientes caracterizaciones:

- ✓ Rigor del invierno.
- ✓ Calor del verano.
- ✓ Régimen estacional de humedad.
- ✓ Coeficiente anual de humedad.

A cada una de las características anteriores se le asigna una sigla representativa y, con las cuatro, se compone la fórmula climática de Papadakis.

5.1.1. Rigor del invierno

Se toman una serie de cultivos indicadores en función de sus exigencias térmicas y su respuesta ante las heladas. Los tipos climáticos son:

- ✓ Tª Ecuatorial (Ec): no existen heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío es superior a 18° C.
- ✓ Tropical (Tp): No existen heladas y la temperatura media del mes más frío varía entre 8 y 18° C.
- ✓ Citrus (Ci): Hay heladas y la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío varía entre -2,5 y 7° C.
- ✓ Avena (Av): Corresponde a una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, variable entre -10 y -2,5° C.
- ✓ Triticum (Ti): La temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío varía entre -10 y -29° C.
- ✓ Primavera (Pr): La temperatura media de las mínimas absolutas es inferior a -29° C.

En el cuadro 5.1.1 se incluyen las diferentes tipos y subtipos climáticos en función del rigor del invierno, señalándose las escalas de valores para cada uno de ellos en función de las temperaturas.

Cuadro 5.1.1.- Tipos y subtipos climáticos según el rigor del invierno (Papadakis).

<i>Tipo</i>	<i>Tª media de mínimas absolutas del mes más frío</i>	<i>Tª media de mínimas del mes más frío</i>	<i>Tª media de máximas del mes más frío</i>
<i>Ecuatorial Ec</i>	Mayor de 7º	Mayor de 18º	
<i>Tropical Tp</i> (cálido) TP (medio) tp (fresco)	Idem Idem Idem	13 a 18 °C 8 a 13 °C -----	Mayor de 21 °C Idem Menor de 21 °C
<i>Citrus Ct</i> (tropical) Ci	7 a -2,5 °C Idem	Mayor de 8 °C	Mayor de 21 °C 10 a 21°C
<i>Avena Av</i> (cálido) av (fresco)	-2,5 a -10 °C Mayor de -10 °C	Mayor de -4 °C	Mayor de 10º 5 a 21º
<i>Triticum Tv</i> (trigo- avena) Ti (cálido) ti (fresco)	-10 a -29 °C Mayor de -29 °C Idem	-----	Mayor de 5vº 0 a 5 °C Menor de 0 °C
<i>Primavera Pr</i> (más cálido) pr (más fresco)	Menor de -29 °C Idem	-----	Mayor de -17,8 °C Menor de -17,8 °C

Analizando los datos

- ✓ Tª media de mínimas absolutas del mes más frío (*Cuadro 3.2.3. Tª media mínima absoluta más fría*) = -5,6 °C
- ✓ Tª media de mínimas del mes más frío (*Cuadro 3.2.1. Tª mínima media más fría*) = 0,6 °C
- ✓ Tª media de máximas del mes más frío (*Cuadro 3.2.2. Tª máxima media absoluta más fría*) = 16,2 °C

Por tanto, se trata de un invierno de rigor *avena cálido (Av)*, que permite el cultivo de la avena pero no el de los cítricos.

5.1.2. Calor del verano

De nuevo se toman una serie de plantas indicadoras del tipo de clima según sus exigencias térmicas:

- ✓ Algodón (G): Periodo libre de heladas superior a 4,5 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, superior a 25 °C.
- ✓ Cafeto (C): Ausencia total de heladas. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, superior a 21 °C.
- ✓ Arroz (O): Periodo libre de heladas superior a cuatro meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, variable 21-25 °C.

- ✓ Maíz (M): Periodo libre de heladas superior a 4,5 meses (Triticum cálido) o a 2,5 meses (Triticum menos cálido) y temperatura media de las máximas del semestre más cálido, inferior a 21 °C.
- ✓ Polar cálido (P): Periodo libre de heladas inferior a dos meses y temperatura media de las máximas de los meses más calurosos, superior a 10 °C.

Cuadro 5.1.2.- Tipos y subtipos climáticos de verano (Papadakis).

<i>TIPO</i>	<i>Duración de la estación libre de heladas. (meses)</i>	<i>Media de la media de las máximas de los n meses más cálidos</i>	<i>Media de las máximas del mes mas cálido</i>	<i>Media de las mínimas del mes más cálido</i>
<i>Algodón</i> G (más cálido) G (menos cálido)	Mínima > 4,5 Idem	N = 6 >25° Idem	> 33,5° < 33,5°	> 20°
<i>Cafeto C</i>	Mínima = 12	N = 6 >21°	< 33,5°	< 20°
<i>Arroz O</i>	Mínima > 4	N = 6 21° a 25°		
<i>Maíz M</i>	Disponible > 4,5	N = 6 >21°		
<i>Triticum</i> T (más cálido) T (menos cálido)	Idem Disponible de 2,5 a 4,5	N = 6 <21° N = 4 >17°		
<i>Polar cálido (taiga)</i> P	Disponible < 2,5	N = 4 >10°		

Estudiamos el caso:

- ✓ La fecha de la primera helada en 16 años de observación, es el 4 de noviembre, y la fecha de la última helada el 19 de abril. Por lo tanto el periodo mínimo de heladas será de 198 días o lo que es igual, 6 meses y medio.
- ✓ Media de máximas absolutas del mes más cálido (*Cuadro 3.2.2. Tª media máxima absoluta más cálida*) = 36,7 °C.
- ✓ Media de máximas medias del mes más cálido (*Cuadro 3.2.4. Tª máxima media más cálida*) = 30,2 °C.
- ✓ Media de mínimas absolutas del mes más cálido (*Cuadro 3.2.3. Tª media mínima absoluta más cálida*) = 10,4 °C.
- ✓ Media de mínimas medias del mes más cálido (*Cuadro 3.2.5. Tª media mínima media más cálida*) = 14,9 °C.
- ✓ Media de máximas medias de los 6 meses más cálidos (*Cuadro 3.2.4. Tª máxima media más cálida*) = 26,3 °C.

Por tanto, se trata de un calor de verano de tipo *arroz (O)* y/o *maíz (M)*.

5.1.3. Clases térmicas

Combinando los tipos correspondientes al rigor de invierno y calor de verano, se obtienen las siguientes clases térmicas, que caracterizan los tipos climáticos convencionales establecidos por los climatólogos.

- ✓ Climas ecuatoriales: EcG.
- ✓ Climas tropicales: TpM; TpG.
- ✓ Climas subtropicales: CiG.
- ✓ Climas tierra templada: TpT.
- ✓ Climas marítimos: CiM, CiT, AvT, AvP, TiP.
- ✓ Climas continentales: AvG, TiG, PrM, PrT, PrP.
- ✓ Climas templados: TiM, AvM, TiT.

Por razones obvias no considero las clases térmicas correspondientes a los climas Andino, Tierra fría, Pampeano-Patagoniano, Polar y Alpino, que aparecen en la clasificación de Papadakis, pero que carecen de interés para la zona objeto del Proyecto.

Analizando los resultados tenemos un tipo *AvM*, por lo tanto estamos ante un *clima de tipo Mediterráneo Templado*.

5.2. Clasificación climática de Thornthwaite (1948)

La fórmula utilizada está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al índice de humedad y a la eficacia térmica de la zona, respectivamente. Las letras tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la variación estacional de la humedad y a la concentración térmica en verano, respectivamente.

5.2.1. Determinación del Índice de humedad

El método de Thornthwaite parte, para su cálculo, de los siguientes supuestos:

- ✓ El periodo considerado es el año hidrológico, de octubre a septiembre.
- ✓ La temperatura y la precipitación se aplican como valores medios mensuales.
- ✓ La reserva útil del suelo, al comienzo del año hidrológico es 0 y las variaciones de dicha reserva se deben exclusivamente al resultado del balance del agua en el que intervienen: precipitaciones medias mensuales (P), evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP), Reservas de agua del suelo (R), Variación de la reserva de agua (VR), Evapotranspiraciones reales mensuales (ETA), Déficits (D)Excesos (E) mensuales de agua.

Para poder aplicar la formula a toda clase de suelos, sin particularizar unas condiciones concretas, se establecen las hipótesis siguientes:

- ✓ La reserva del suelo varía entre 0 y 100 mm ($0 \leq R \leq 100$).
- ✓ La evapotranspiración real (ETA) corresponde, en los meses en que por falta de humedad no se alcancen las condiciones potenciales, a las precipitaciones del mes sumadas a la reserva del suelo en el mes anterior:

$$ETA_i = P_i + R_{i-1}$$

- ✓ En los meses suficientemente húmedos en que la evapotranspiración real es inferior a la potencial:

$$Si P_i + R_{i-1} \geq ETA_i, ETA_i = ETP_i$$

- ✓ Existe déficit de humedad en los meses en que la evapotranspiración real es inferior a la potencial.

$$D_i = ETP_i - ETA_i$$

- ✓ Existe exceso de humedad en los meses en que al acumular agua en las reservas del suelo, éstas superan el valor de 100.

$$Si P_i + R_{i-1} - ETP_i > 100$$

$$E_i = (P_i + R_{i-1}) - (ETP_i + 100)$$

En el cuadro 5.2.2.3. se incluye el balance de agua en el suelo a partir de los datos climáticos medios obtenidos de la estación meteorológica automática de Cadreita.

Antes de calcular el balance hídrico del suelo, es necesario calcular la evapotranspiración.

5.2.2. Calculo de la ETP

ETP: "*Cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo si en todo momento existe en el suelo humedad suficiente para su uso máximo por las plantas*".

Según Thornthwaite responde a la siguiente fórmula:

$$ETP = K \times 16 (10 \times t/I)^3$$

donde:

t = temperatura media mensual.

I = índice térmico de la zona. Es un valor anual que se obtiene mediante la suma de los doce índices de calor (i) correspondientes a cada uno de los meses del año, calculados mediante la expresión:

$$i = (t/5)^{1,514}$$

$$I = \sum i$$

$$a = (0,675 \times P^3 \times 10^6) - (0,771 \times P^2 \times 10^4) + (0,01792 \times I) + 0,49239$$

Según la temperatura media obtenemos un índice de calor mensual, pudiendo calcular entonces la evapotranspiración sin ajustar (e) mediante la expresión indicada anteriormente:

$$e = 1,6 (10 \times t / I)^a$$

En el cuadro siguiente se encuentran los resultados.

Cuadro 5.2.2.1.- Evapotranspiración sin ajustar, según Thornthwaite.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	TOTAL
Tª media °C	5,1	6,4	9,8	12,5	16,5	20,7	22,3	21,8	18,5	14,2	9,5	5,5	
I	1,0	1,5	2,8	4,0	6,1	8,6	9,6	9,3	7,2	4,9	2,6	1,2	58,8
e (cm)	1,3	1,8	3,3	4,7	6,9	9,5	10,6	10,2	8,1	5,6	3,2	1,5	

$$a = 1,416$$

La obtención de la evapotranspiración ajustada, se realiza multiplicando los valores "e" por el factor de corrección "L" que tiene en cuenta la iluminación diaria y los días del mes.

La latitud de la estación climática de Cadreita es: $42^{\circ} 12' 25''$.

En el cuadro 5.2.2.2. Valor L del método de Thornthwaite. Coeficientes para corrección de la ETP debida a la duración del día (Almorox, 1999), se dan los valores del coeficiente L para las diferentes latitudes.

Cuadro 5.2.2.2. Valor L del método de Thornthwaite. Coeficientes para corrección de la ETP debida a la duración del día (Almorox, 1999) en la latitud 42°

LAT. N.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,90	0,90
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,90	0,89
30	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76

Los coeficientes de corrección se ven el cuadro siguiente

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	TOTAL
L (LAT N 42°)	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79	
ETP (cm)	1,07	1,50	3,40	5,22	8,70	12,09	13,54	12,19	8,44	5,30	2,59	1,15	75,19
ETP (mm)	10,74	14,99	34,00	52,19	86,99	120,89	135,39	121,89	84,43	53,03	25,91	11,51	751,94

La ETP calculada por este método es independiente del tipo de vegetación que ocupa el suelo, siendo, hasta cierto punto constante y no dependiendo más que de factores climáticos.

Una vez calculada la ETP, pasamos a realizar el cuadro del balance de agua del suelo.

Cuadro 5.2.2.3.- Balance hídrico del suelo, según Thornthwaite

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	TOTAL
P	23,60	24,50	34,90	54,00	47,70	25,00	11,50	18,60	35,10	46,70	38,30	23,90	383,80
ETP	10,74	14,99	34,00	52,19	86,99	120,89	135,39	121,89	84,43	53,03	25,91	11,51	751,94
T	5,11	6,42	9,79	12,49	16,46	20,73	22,32	21,77	18,51	14,16	9,54	5,46	--
2T	10,21	12,83	19,58	24,98	32,92	41,46	44,63	43,54	37,01	28,32	19,08	10,93	--
R	37,65	47,16	48,06	49,87	10,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,39	24,78	--
VR	12,86	9,51	0,90	1,81	-39,29	-95,89	-123,89	-103,29	-49,33	-6,33	12,39	12,39	--
Pi,R _{i+1}	70,76	72,56	84,77	64,58	47,70	25,00	11,50	18,60	35,10	59,09	63,08	61,55	--
ETA	10,74	14,99	34,00	52,19	47,70	25,00	11,50	18,60	35,10	53,03	25,91	11,51	340,26
D	0,00	0,00	0,00	0,00	39,29	95,89	123,89	103,29	49,33	0,00	0,00	0,00	411,68
E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
Dr	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

P = precipitación mensual media de 16 años y medio, medida en mm.

ETP = evapotranspiración potencial, según Thornthwaite, en mm.

T = temperatura media mensual de 16 años y medio, en °C.

2T = doble de la temperatura media.

R = reserva de agua (*R_i*):

$$\text{Si } P < 2T; R_i = 0$$

$$\text{Si } P > 2T, R_i = R_{i-1} + P_i - ETP_i$$

VR = variación de la reserva = *P* – *ETP*, por tanto en mm.

ETA = evapotranspiración real (mm):

$$\text{Si } R_{i+1} + P_i \geq ETP_i; ETA_i = ETP_i$$

$$\text{Si } R_{i+1} + P_i < ETP_i; ETA_i = R_{i+1} + P_i$$

D = déficit de agua (mm)= *ETP_i* - *ETA_i*

E = exceso de agua (mm) = *P_i* - *ETP_i* - *VR_i*

Dr = drenaje (mm)

A partir de este cuadro se determinan los índices de falta (*ID*) y exceso (*IE*) de humedad, relacionando el déficit y el exceso total anual con la *ETP anual* y expresando los resultados en %.

$$ID = (D/ETP) \times 100 = (411,68/751,94) \times 100 = 54,7\%$$

$$IE = (E/ETP) \times 100 = (0/751,94) \times 100 = 0\%$$

El índice de humedad de Thornthwaite se determina por la expresión:

$$IH = IE - ID \times 0,6;$$

Lo aplicamos a los datos:

$$IH = 0 - 54,7 \times 0,6 = -32,8$$

La caracterización y la sigla que sirve para representarlos en la fórmula de Thornthwaite, se indica en el cuadro 5.2.2.4.

Cuadro 5.2.2.4.- Tipos climáticos y siglas correspondientes al índice de humedad de Thornthwaite.

<i>IH</i>	<i>Tipo climático</i>	<i>Sigla</i>
$IH \geq 100$	Perhúmedo	A
$100 > IH \geq 80$	Húmedo	B4
$80 > IH \geq 60$		B3
$60 > IH \geq 40$		B2
$40 > IH \geq 20$		B1
$20 > IH \geq 0$	Subhúmedo	C2
$0 > IH \geq -20$	Seco-subhúmedo	C1
$-20 > IH \geq -40$	Semiárido	D
$IH < -40$	Arido	E

Para la zona elegida la clasificación climática según Thornthwaite, sería "*clima semiárido, con índice de humedad -32,8 y sigla D'*"

5.2.3. Determinación de la eficiencia térmica

Según Thornthwaite, la ETP es un índice de eficacia térmica. La suma de las ETP medias mensuales sirve de índice de la eficacia térmica del clima estudiado.

Los tipos climáticos y las siglas que lo representan se incluyen en el cuadro siguiente:

Cuadro 5.2.3.1.- Eficacia térmica, según Thornthwaite.

ETP anual (cm)	Tipo climático	Sigla
$ETP \geq 114$	Megatérmico	A'
$114 > ETP \geq 99,7$	Mesotérmico	B4'
$99,7 > ETP \geq 85,5$		B3'
$85,5 > ETP \geq 71,2$		B2'
$71,2 > ETP \geq 57$		B1'
$57 > ETP \geq 42,7$	Microtérmico	C2'
$42,7 > ETP \geq 28,5$		C1'
$28,5 > ETP \geq 14,2$	Tundra	D'
$ETP < 14,2$	Glacial	E'

Para la zona elegida la clasificación climática según Thornthwaite, sería "*clima mesotérmico (segundo mesotérmico) con sigla B2' "*

5.2.4. Determinación de la variación estacional de la humedad

Interesa determinar si en los climas húmedos existe periodo seco, y viceversa, si en los climas secos existe periodo húmedo. También se debe establecer la estación en que se presenten estos periodos y la intensidad de sequía y humedad, respectivamente.

Para la determinación, se analizan los valores del "Índice de falta de humedad (ID)" en los climas húmedos (A, B, C2), y del "Índice de exceso de humedad (IE)" en los climas secos (C, D, E).

La caracterización de los tipos climáticos y de las siglas que los representan se indica en el cuadro siguiente:

Cuadro 5.2.4.1.- Variación estacional de la humedad según Thornthwaite.

a. Climas húmedos (A, B y C2)

ID	Tipos climáticos	Sigla
$16,7 > ID \geq 0$	Nula o pequeña falta de humedad	r
$33,3 > ID \geq 16,7$	Moderada falta de humedad	En verano s
$33,3 > ID \geq 16,7$		En invierno w
$ID \geq 33,3$	Gran falta de humedad	En verano s2
$ID \geq 33,3$		En invierno w2

b. Climas secos (C1, D, E)

IE	Tipos climáticos	Sigla
$10 > IE \geq 0$	Nulo o pequeño exceso de humedad	d
$20 > IE \geq 10$	Moderado exceso de humedad	En verano s
$20 > IE \geq 10$		En invierno w
$IE \geq 20$	Gran exceso de humedad	En verano s
$IE \geq 20$		En invierno w

Para la zona elegida la clasificación climática según Thornthwaite, sería "clima seco con sigla D y como $IE=0$, nulo o pequeño exceso de humedad y por tanto la sigla obtenida es d"

5.2.5. Determinación de la concentración térmica del verano

Está determinada por la ETP durante los meses de verano (Junio, Julio y Agosto), en relación con la ETP anual, y expresada en %.

Los tipos climáticos y las siglas que los representan se establecen en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.2.5.1-- Concentración de eficacia térmica en verano, según Thornthwaite.

CV (%)	Tipos climáticos	Siglas
$CV < 48$	Baja concentración	a'
$51,9 > CV \geq 48$	Moderada concentración	b4'
$56,3 > CV \geq 51,9$		b3'
$61,6 > CV \geq 56,3$		b2'
$68,0 > CV \geq 61,6$		b1'
$76,3 > CV \geq 68,0$	Alta concentración	c2'
$88,0 > CV \geq 76,3$		c1'
$CV \geq 88,0$	Muy alta concentración	d'

$$CV = (ETP \text{ verano} / ETP \text{ anual}) \times 100;$$

$$ETP \text{ verano} = ETP \text{ junio} + ETP \text{ julio} + ETP \text{ agosto} = 120,89 + 135,39 + 121,89 \\ = ETP \text{ verano} = 378,16 \text{ mm}$$

$$CV = (378,16/751,94) \times 100 = 50,3 \%$$

Se trata por tanto de una zona de moderada concentración térmica en verano con una sigla b4'.

Conclusión:

El clima estudiado con los datos obtenidos de la estación meteorológica automática de Cadreita se representa con la siguiente fórmula climática:

$$E B2' db4'$$

Clima árido, segundo del mesotérmico, con nulo exceso de humedad en invierno y moderada concentración de la eficacia térmica durante el verano.

Por tanto, no se presenta ninguna limitación climática para el cultivo del olivo.

**ANEJO A2 DESCRIPCIÓN
PARCELA
ANTEPROYECTO**

1. CONOCIMIENTO TEÓRICO PREVIO DE LA PARCELA

El primer paso que se debe dar es conocer la parcela y su entorno. Para ello se ha tratado de recabar la máxima información general de la misma a través de diferentes bibliografías, mapas, páginas web, fotos y obviamente mediante visita *in situ* para conocer las características de la misma de primera mano.

1.1. SITUACIÓN E IDENTIFICACIÓN

Cadreita es un municipio situado en la parte sur de la Comunidad Foral de Navarra dentro de la región geográfica de la Ribera de Navarra. Su término municipal tiene una superficie de 27,20 km² y limita al norte con Villafranca, al este con Valtierra, al oeste con Milagro y al sur con Alfaro en la comunidad autónoma de La Rioja.

El casco urbano de Cadreita está dentro del denominado Eje del Ebro y tiene una altitud de 288 metros sobre el nivel del mar.

La finca donde se va a implantar el Proyecto se caracteriza por estar compuesta por doce parcelas todas ellas dentro del término municipal de Cadreita en los parajes de "Valcaldera", "Currusco", "La Muga" y "La Boquera".

Identificación

Municipio	Polígono	Parcela	Subárea	Paraje	Superficie (has)	Uso
Cadreita	3	79	A	La Muga	46,43	TLR
Cadreita	3	52		La Boquera	0,56	TLR
Cadreita	3	51		Currusco	2,17	TLR
Cadreita	3	48		Currusco	12,1	TLR
Cadreita	3	47		Valcaldera	0,14	TLR
Cadreita	3	45		Valcaldera	5,37	TLR
Cadreita	3	43		Valcaldera	0,78	TLR
Cadreita	3	42		Valcaldera	0,77	TLR
Cadreita	3	13		Valcaldera	2,93	TLR
Cadreita	3	10		Valcaldera	1,54	TLR
Cadreita	3	9		Valcaldera	2,87	TLR
Cadreita	3	5		La Muga	1,47	TLR
TOTAL (has)					77,13	

Forma y dimensiones



Cultivos precedentes

Según los mapas de cultivos y aprovechamientos, disponibles en el portal de acceso a la información geográfica de Navarra (IDENA), el uso agrario de estas parcelas hasta la fecha es de "*Tierra de Labor Regadío*", grupo "*cultivos herbáceos de regadío*". El maíz ha sido el más importante de los cultivos implantados en la parcela junto con alternancia de brócoli y tomate.

Límites

En la orientación este limita con un camino rural que discurre paralelo a la autopista AP-15 y al actual trazado en construcción del tren de alta velocidad.

Hacia el oeste linda con unas plantaciones de viña en espaldera propiedad de bodega próxima.

En orientación sur con una explotación hortícola de cultivo protegido por invernaderos multicapilla.

Al norte, la explotación limita con un camino rural que hace de muga con el término municipal de Villafranca. Las parcelas junto al camino pertenecientes al citado municipio son de cultivos herbáceos de regadío.

Topografía

En la zona norte junto al camino rural que linda con el término municipal de Villafranca, la parcela tiene un relieve algo ondulado con una elevación media de 293,50 metros aproximadamente.

Teniendo en cuenta que la superficie total de la explotación ronda las 77 has aproximadamente, podría decirse que se trata de una superficie prácticamente plana con pendientes inferiores al 3%.

1.2. OBSERVACIONES DE CAMPO

La forma y topografía de la parcela a priori, causa una muy buena impresión. Como se ha comentado en el punto anterior, tiene una topografía prácticamente plana salvo leves desniveles.

No se aprecian barreras ni impedimentos físicos que puedan suponer estorbos.

Tiene forma rectangular a excepción de un entrante triangular de la parcela de invernaderos con los que limita al sur.

El tamaño, topografía y forma permite un máximo aprovechamiento tanto de los cultivos como de la mecanización.

La naturaleza del terreno, a simple vista y teniendo en cuenta los cultivos anteriores y limítrofes, parece de alta calidad. Es de color marrón oscuro y bastante uniforme con apariencia textural franca. La impresión es de tener un adecuado contenido en materia orgánica. No se aprecian eflorescencias salinas y no tiene aspecto de encharcarse.

Los cultivos más frecuentes que rodean la zona son viñas y olivos en espaldera, hortalizas tanto al aire libre como protegidas en invernadero y cereales todos ellos de regadío.

La vegetación de la zona donde se va a ubicar la plantación está compuesta por especies de la *serie 27* de vegetación a escala 1:50.000 *bajoaragonesa de los encinares rotundifolios mesomediterráneos (Quercus rotundifoliae S.)*.

1.3. **REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21



Foto 22



Foto 23



Foto 24



Foto 25



Foto 26



Foto 27



Foto 28

1.4. ESTUDIOS PRELIMINARES: CARTOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

Realizadas las observaciones directas sobre el terreno se intenta avanzar en el conocimiento de la finca consultando literatura técnica publicada y disponible que pueda tener relación con la misma

Cartografía

Las parcelas se encuentran localizadas en las hojas 244/5-4 y 244/5-5 del Mapa Topográfico del Gobierno de Navarra, escala 1/5.000

Geología:

Según el Mapa Geológico del Gobierno de Navarra con escala 1/25.000 y hojas 244/5-4 y 244/5-5 (*ver imágenes 1.4.1., 1.4.2. y 1.4.3.*), la unidad donde se aloja la zona se caracteriza por unas series de alineaciones de relieves y depresiones alternantes, en la que los primeros están ocupados por los canales de conglomerados (387), mientras que las zonas más bajas corresponden a arcillas rojas (386), predominado éstas últimas respecto a las zonas de conglomerados.



Imagen 1.4.1. (Unidades litológicas)



Imagen 1.4.2. (Superposición catastral con unidades litológicas)

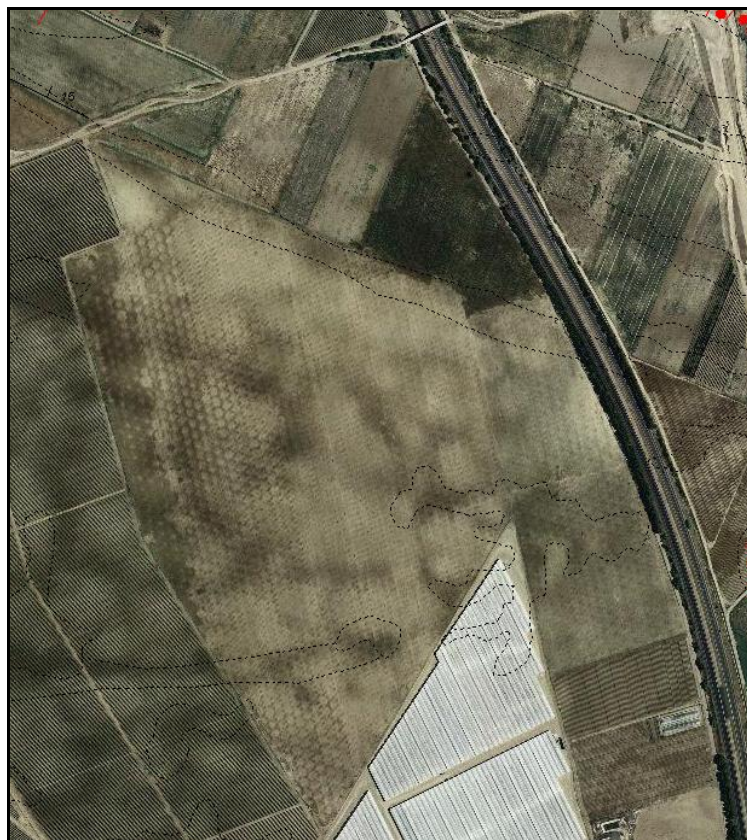


Imagen 1.4.3. (Superposición ortofoto con unidades litológicas)

La orientación de estas alineaciones es la general del plegamiento de toda la zona, NO-SE. Las laderas Norte de estos relieves están ocupadas en su totalidad por cantos procedentes de los conglomerados mostrando una pendiente aproximada igual al buzamiento de los canales. En las laderas sur de estos relieves es donde mejor pueden observarse los niveles de arcillas, ya que las zonas más bajas, suelen estar ocupadas por depósitos cuaternarios, esencialmente coluviones que descienden ocupando las laderas y por zonas endorreicas en las depresiones entre relieves.

Los niveles canaliformes están formados por conglomerados de cantos fundamentalmente de cuarcita y esporádicamente calcáreos, con intercalaciones de areniscas, generalmente con tamaño de grano grueso y arcillas.

Los conglomerados se presentan en bancos de unos 5 m de espesor, con laminación y estratificación cruzada a gran escala mientras que en las areniscas es frecuente observar trenes de ripples. Estos conglomerados están bien clasificados y con cantos procedentes en su mayor parte del Jurásico y Cretácico inferior.

Las areniscas son de tonos grises de naturaleza silíceo y fragmentos de rocas, preferentemente de calizas, con cemento calcáreo.

Estos niveles de conglomerados representan canales de tipo anastomosado en la parte distal de un sistema de abanicos aluviales en las que las zonas de desbordamiento están representadas por los niveles de areniscas y limos.

Este sistema de conglomerados representa los procesos sedimentarios causados por los fenómenos de erosión anteriores a la sedimentación de la Formación Tudela en la que estos conglomerados se encuentran incluidos, formando parte de la zona basal de esta formación y adosados a los relieves preexistentes fosilizados por estos depósitos.

Existen puntos muy concretos y definidos de formas endorreicas (541), las cuales son el resultado de la confluencia de una serie de factores: pendientes suaves y sustrato impermeable. Son depresiones de formas y tamaños diversos donde se produce una cierta acumulación de agua por un drenaje deficiente. A veces pueden observarse eflorescencias salinas.

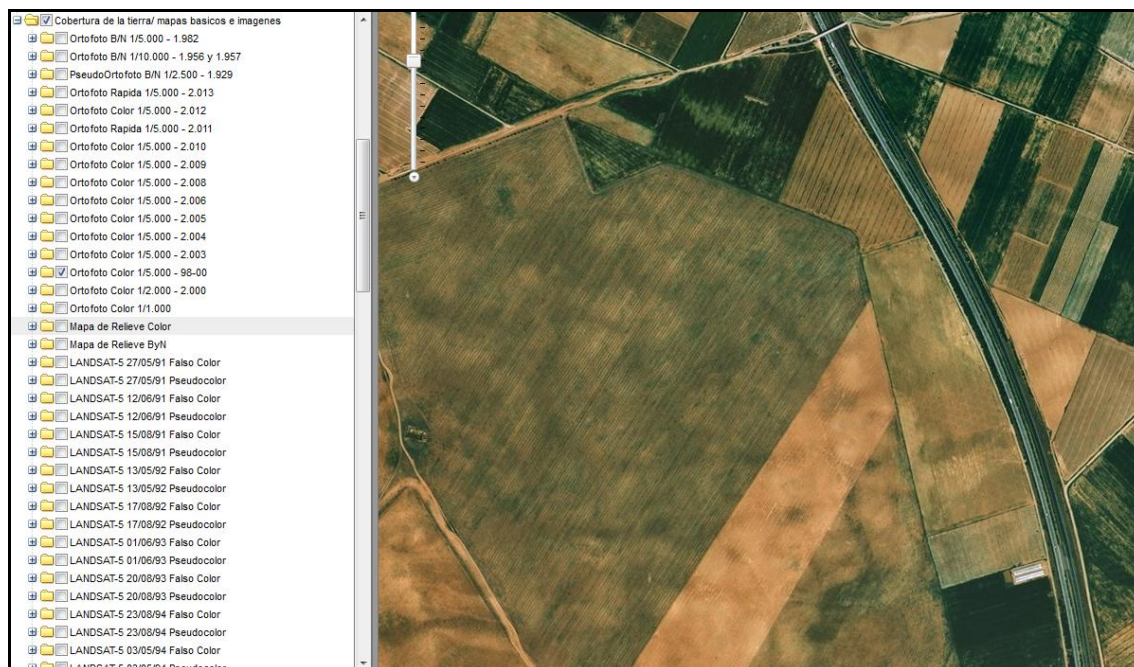
En épocas de lluvias son absolutamente funcionales. Por lo general se trata de lutitas grises y limos, a veces yesíferos, con un cierto contenido en materia orgánica y que en general poseen un reducido espesor. Ocasionalmente pueden intercalar depósitos más groseros suministrados por los aportes laterales. La potencia que alcanzan no llega a superar los 2m. Son funcionales en la actualidad, por lo que se consideran de edad holocena.

1.5. TOMA DE MUESTRAS DEL SUELO

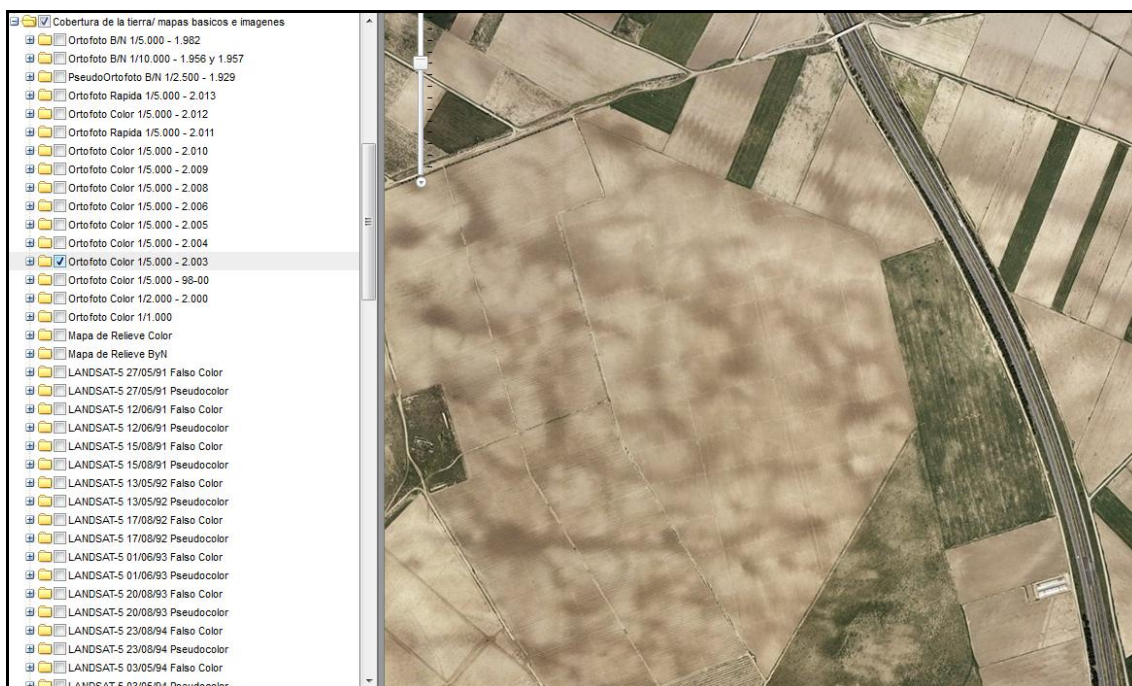
Se tienen indicios sobre la naturaleza del suelo y de su calidad agronómica, por la observación visual, la vegetación espontánea, los cultivos de la zona y por lo recogido en los Mapas Geológicos, pero a pesar de toda esta información, se hace necesario proceder a la toma de muestras de suelo para realizar los análisis específicos correspondientes.

Antes de la toma de muestras propiamente dicha, se va a estudiar la superficie de las parcelas en base a varias ortofotos realizadas en varios años anteriores a la implantación del cultivo teniendo en cuenta el mapa geológico de la zona.

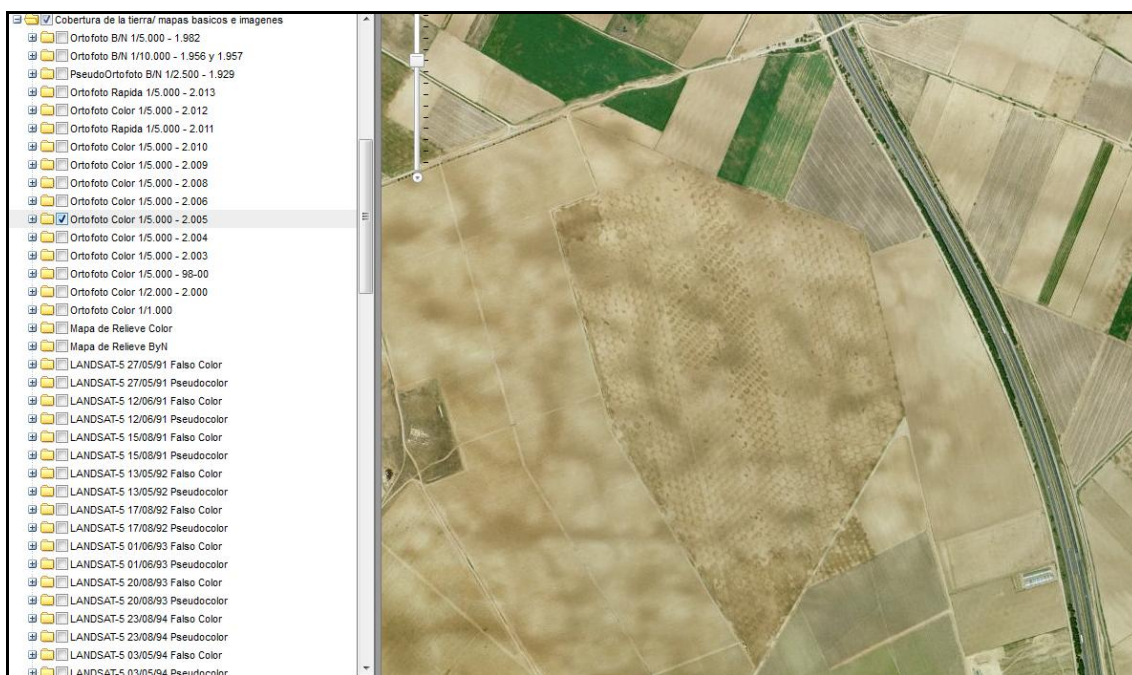
A través de estas imágenes se puede observar la posible influencia del suelo sobre los cultivos implantados en dichas parcelas al mismo tiempo que podrán diferenciarse zonas de similar homogeneidad.



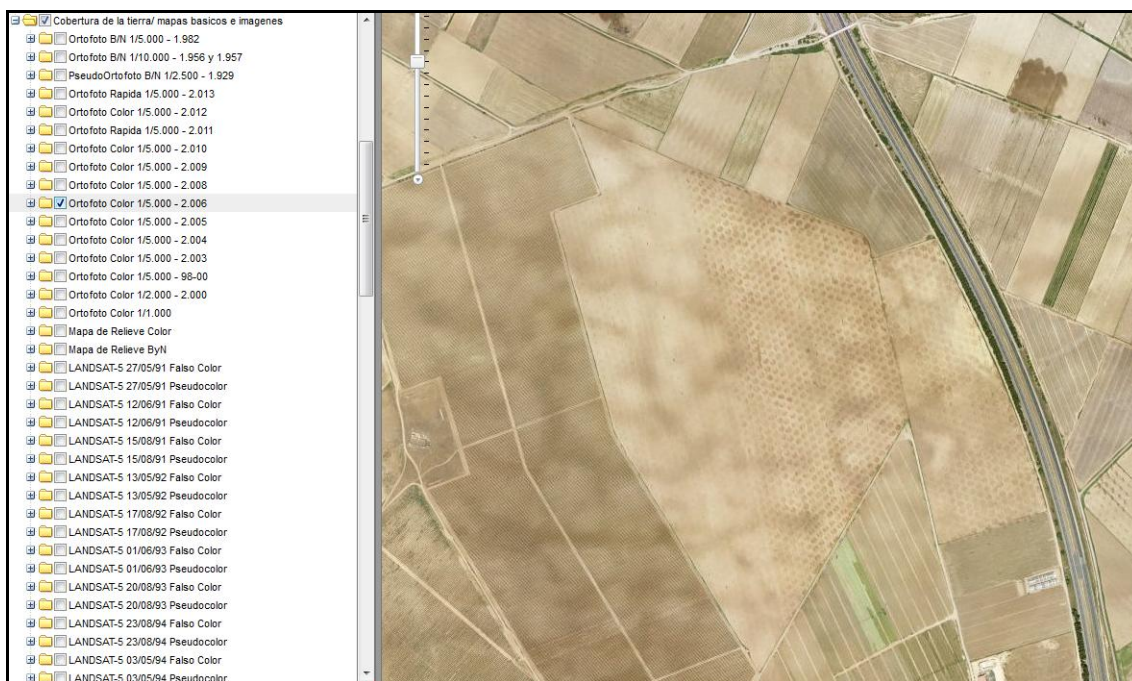
Ortofoto color 1/5.000 - 98-00



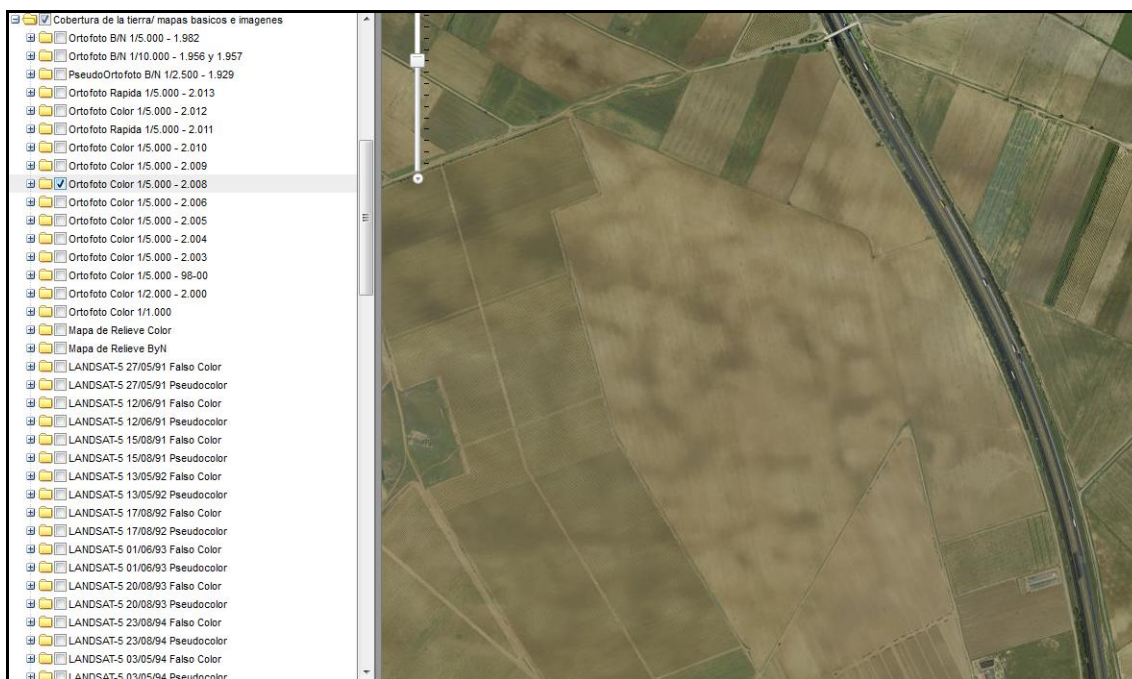
Ortofoto color 1/5.000 - 2003



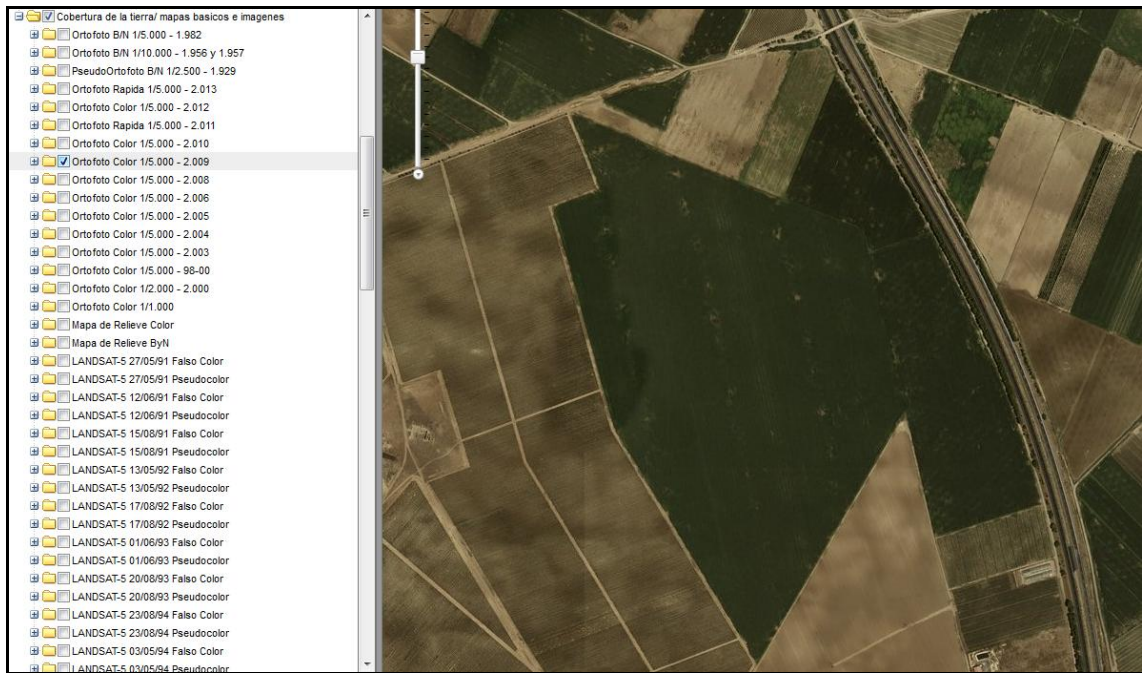
Ortofoto color 1/5.000 - 2005



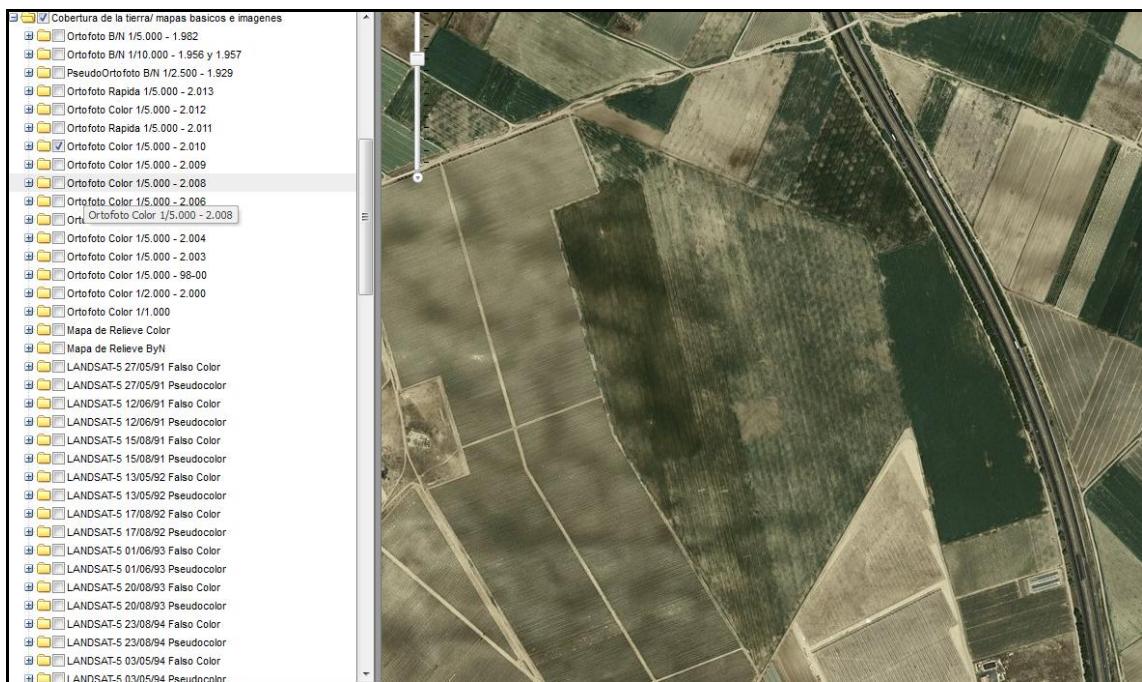
Ortofoto color 1/5.000 - 2006



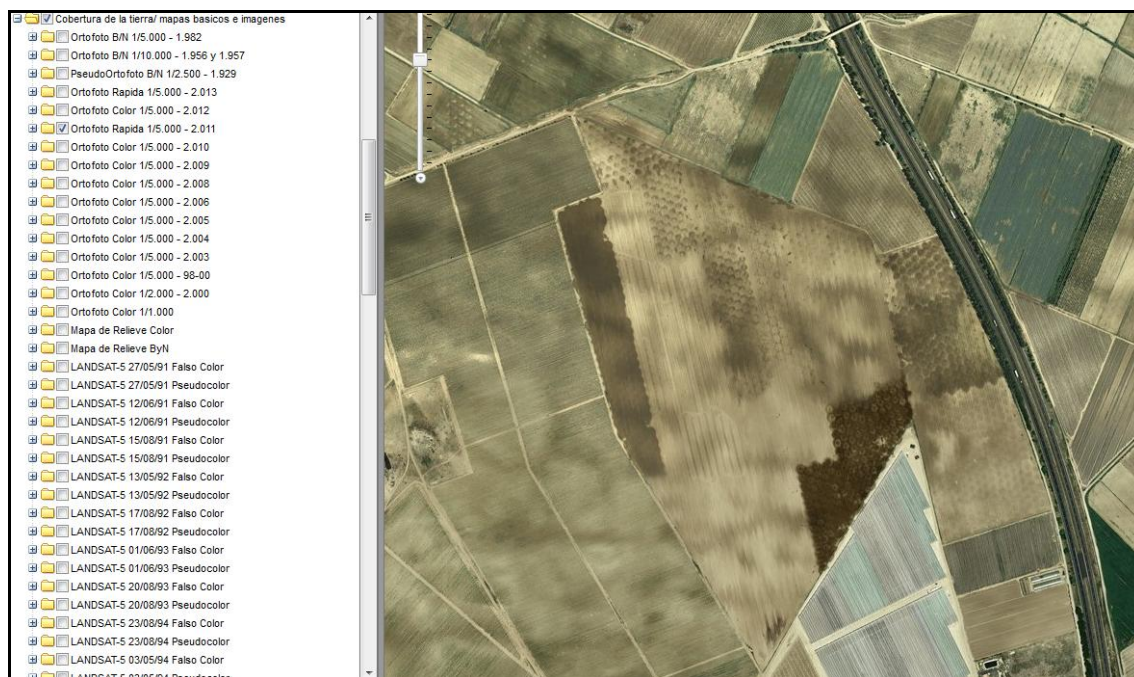
Ortofoto color 1/5.000 - 2008



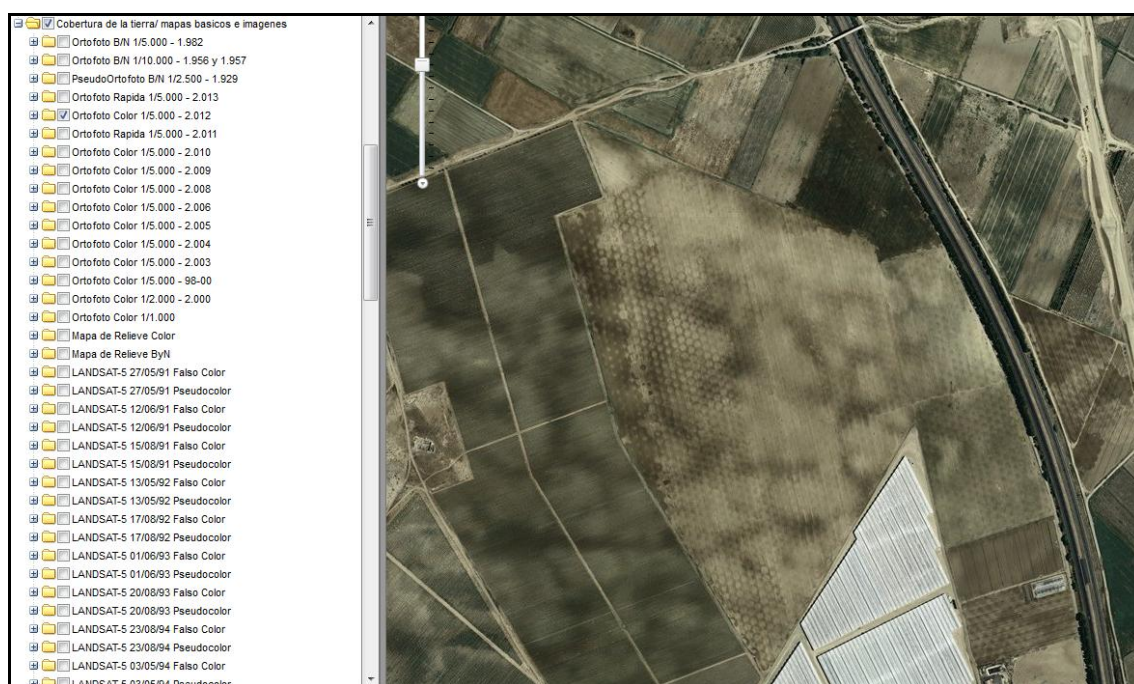
Ortofoto color 1/5.000 - 2009



Ortofoto color 1/5.000 - 2010



Ortofoto color 1/5.000 - 2011



Ortofoto color 1/5.000 - 2012

En las imágenes aéreas puede apreciarse que las parcelas son bastante homogéneas en lo que a la superficie del suelo se refiere y no siguen un patrón diferenciador de unas zonas a otras.

Sí que se aprecian ciertos matices que se podrían tener en cuenta a la hora de realizar una futura analítica del suelo.

Observando con detalle la secuencia de ortofotos podrían definirse 4 zonas con ciertas diferencias (*imagen 1.4.4*).

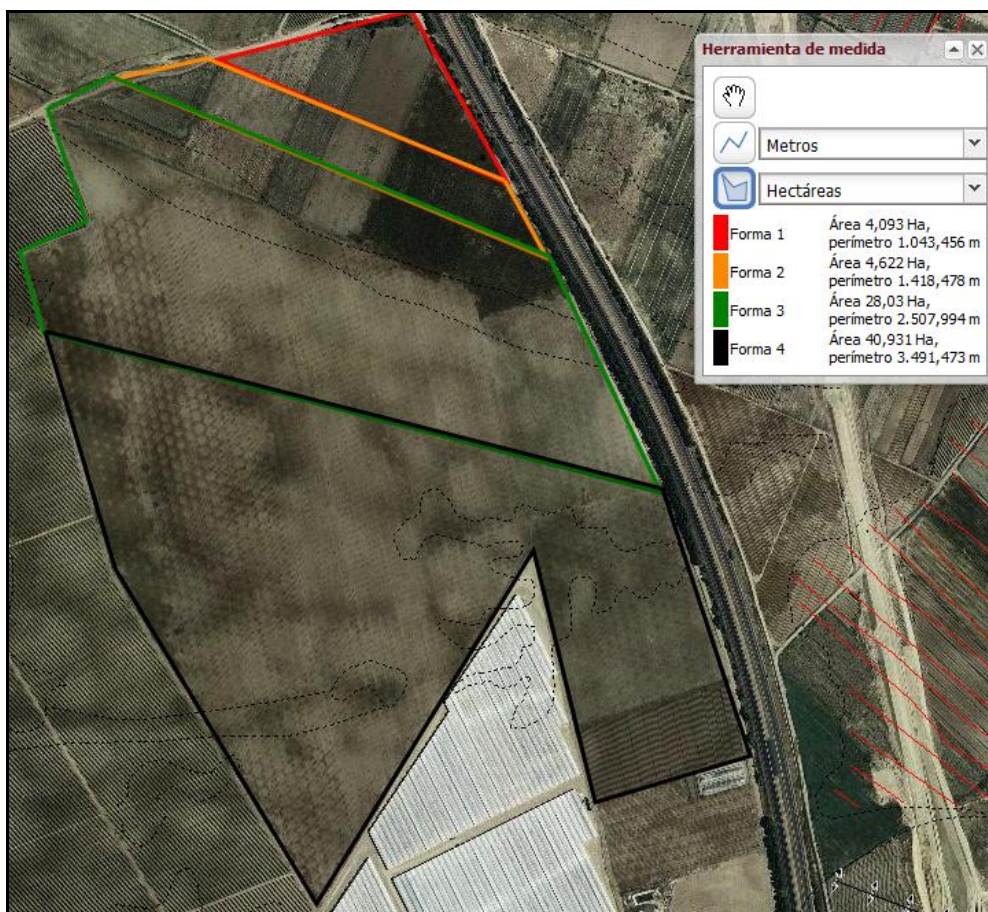


Imagen 1.4.4. (Zonas visiblemente diferenciadas)

Teniendo en cuenta estas 4 zonas, el siguiente paso será hacer el plan de calicatas para observar las distintas capas de los horizontes de cada zona y la profundidad de las capas cultivables. Una vez hecho esto se procederá a la toma de muestras.

La idea es hacer 1 calicata por cada hectárea de parcela (77 calicatas) y coger el siguiente número de muestras:

- ✓ Zona 1 (altitud media aproximada=291,06 m): 1 muestra
- ✓ Zona 2 (altitud media aproximada=292,83 m): 2 muestras
- ✓ Zona 3 (altitud media aproximada=293,13 m): 3 muestras
- ✓ Zona 4 (altitud media aproximada=297,04 m): 4 muestras

Universidad Publica de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

PROYECTO

PLANTACIÓN DE OLIVOS EN CADREITA (NAVARRA)

(MEMORIA)

presentado por

CÉSAR OCHOA PRAT. *(e)k*

aurkeztua

**INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL RURAL
*NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAKO***

**Mención Hortofruticultura, jardinería y paisaje
*Baratzezitntza, frutagintza, lorezaintza eta paisaia aipanema***

junio, 2014 / *ekaina, 2014*

1. PRESENTACIÓN

Se redacta el presente Proyecto de "Plantación de olivos en Cadreita (Navarra)"; por César Ochoa Prat que siendo titulado en Ingeniería Técnica en Hortofruticultura y Jardinería por la Universidad Pública de Navarra desde 1.999, en la actualidad está realizando el curso de Adaptación al Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural en la Universidad Pública de Navarra.

2. OBJETIVOS

El principal objetivo de la redacción del presente Proyecto es el de obtener la titulación de Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.

Como objetivos secundarios se tiene:

- ✓ Adquirir y desarrollar los conocimientos necesarios del cultivo del olivo y de sus diferentes formas de explotación.
- ✓ Realizar un trabajo lo más parecido posible a un caso real que pueda darse fuera de las aulas como encargo profesional. Es decir, se trataría de redactar un Proyecto que pudiera ponerse en ejecución real de forma directa e inmediata.
- ✓ En todo caso y dada la dedicación horaria correspondiente al número de créditos asignados a esta parte del Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, no fue posible tratar todos los aspectos necesarios a la hora de redactar el presente Proyecto, quedando por completar los siguientes apartados:
 - Anejo 13 Diseño del sistema de riego
 - Pliego de condiciones
 - Estado de mediciones
 - Estudio de seguridad y salud

3. ANTECEDENTES

Antes de iniciar el trabajo, no se tenía referencia de "sobre qué hacer" el Proyecto Fin de Grado. Pero si dos ideas vagamente definidas, que se tratara de un caso real, o al menos posible en la práctica y que se enfocara de forma sencilla, básica y fácil de entender y ejecutar por cualquier tipo de promotor. Eso sí, siempre de forma poco agresiva con el medio ambiente.

Un Proyecto de estas características deberá empezarse primero eligiendo y conociendo una parcela, o la unión de varias en la zona de estudio, para conseguir una superficie suficientemente dimensionada.

Además este caso ha sido tomado como un desafío doble; pues servirá como orientación y posterior toma de decisión de implantar dicho cultivo en la finca de estudio por sus propietarios, a la vez que, personalmente yo mismo tome una decisión de posible plantación de olivo en terrenos de la zona de donde soy oriundo.

4. METODOLOGÍA

La metodología general de trabajo, aunque a veces difusa, que se aplicó a lo largo de todo el Proyecto, fue siempre la misma:

- ✓ Estudiar las opciones o soluciones posibles para cada una de las decisiones, situaciones, planteamientos, posibilidades o dudas por pequeñas que sean. Y estudiar cuantas más opciones mejor, si no pueden contemplarse todas, al menos que se tengan en cuenta “varias”.
- ✓ Elegir una opción entre las posibles, aún a riesgo de equivocarse.
- ✓ Justificar y razonar porque se prefiere esa opción frente a las otras y, aun preferida, que limitaciones, problemas o riesgos puede plantear.

En este Proyecto se estudiaron, adoptaron y justificaron soluciones muy numerosas sobre temas relativamente menores o al menos no capitales, que en la práctica se pasarán por alto. Y se pusieron de manifiesto con un cierto énfasis por dos cuestiones: por rigor expositivo y didáctico y para dejar constancia que se decidió de forma deliberada y no rutinaria e inconsciente.

5. PRINCIPIOS ECONÓMICOS: INVERSIONES

La actividad productiva empresarial persigue, con carácter general, el rendimiento económico. Es decir, el balance positivo entre ingresos brutos y costes de producción.

Los costes de producción, incluyen entre otros las amortizaciones y costes financieros. Por tanto las inversiones económicas tienen que afrontarse con unos criterios y prioridades enfocados a la rentabilidad económica.

En concreto, en este Proyecto se pueden agrupar las aportaciones económicas en tres apartados, de los que cuatro serían inversiones y el quinto apartado sería el de capital circulante (aunque alguno de estos capítulos se estudien con menor intensidad en el Proyecto).

Las inversiones tendrán un orden de prioridad claro:

- ✓ Plantación. Es la única inversión que es realmente productiva. Por tanto la más importante. Se invertirá sólo lo necesario como en el resto de los apartados, pero TODO lo necesario. Sin ahorrar nada, especialmente en calidad de planta, que es el punto de partida del éxito del Proyecto.
- ✓ Instalación de riego. No es directamente productiva. Pero si decisiva en la productividad de la plantación. Habrá que proyectar un buen riego. De calidad, sin lujos pero con plena garantía de servicio y fiabilidad de funcionamiento.
- ✓ Maquinaria. Es necesaria para la producción. Se ajustará la inversión a la necesidad. Existe maquinaria que se utiliza muy pocas horas al año. Hay que considerar la posibilidad de alquilarla o explotarla en común. Ajustarla al tamaño de la explotación no siempre es fácil pero hay que intentar ajustarla a lo estrictamente necesario.

6. FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

Antes de entrar en una descripción más o menos detallada y por partes del Proyecto, vamos a mostrar un cuadro con las principales características y dimensiones de que consta porque esta visión global e inicial del mismo ayuda a situarse y comprender mejor las descripciones parciales posteriores.

6.1. Proyecto

Plantación de olivos en Cadreita (Navarra)

6.2. Superficie y localización

Superficie: 77,13 hectáreas

Localización: polígono 3, parcelas 5, 9, 10, 13, 42, 43, 45, 47, 48, 51, 52 y 79 del término municipal de Cadreita en Navarra

6.3. Topografía

Completamente plana

6.4. Clima

- ✓ Según Papadakis tenemos un clima tipo AvM, por lo tanto estamos ante un clima de tipo Mediterráneo Templado.

-
- ✓ Según Thornthwaite se trata de un Clima árido, segundo del mesotérmico, con nulo exceso de humedad en invierno y moderada concentración de la eficacia térmica durante el verano.

6.5. Suelo

Se trata de un suelo sin problemas físicos graves dividido en 4 zonas de diferentes superficies en las que se pueden definir texturas francas, franco-arenosa y franco-limosa

6.6. Plantación

Olivos en marco de plantación de 4*1,5 metros a 1.670 árboles por hectárea plantados de forma escalonada en tres lotes anuales de 22, 23 y 32 hectáreas respectivamente cada año.

6.7. Variedad

Arbequina

6.8. Riego

Se realiza un análisis de la capacidad de retención de agua de la parcela y se subdividen las zonas o lotes de plantación anuales en 11 diferentes sectores de riego según las características del suelo de cada zona.

El diseño técnico de sistema de riego no se realiza y se estima una partida presupuestaria para llevar a cabo su ejecución.

6.9. Mantenimiento del suelo

Laboreo de las calles durante las tres primeras campañas. A partir del tercer año, cubierta vegetal de flora adventicia en el centro de la calle de cultivo con laboreo y escardado mediante herbicidas sobre la línea de los árboles.

6.10. Fertilización

- ✓ Nitrógeno.

Abono orgánico a razón de 22 tm/ha el primer año de estiércol de oveja y 7,5 tm/ha a partir del cuarto año.

Con fertirrigación se completa la fertilización

- ✓ Fósforo.

Se aplicará según la dosis estudiada a partir del tercer año.

- ✓ Potasio.

Se aplicará según la dosis estudiada a partir del tercer año.

6.11. Poda

Poda de formación en eje central en cilindro creando un seto continuo en toda la línea de árboles.

La poda de producción se reduce al aclareo para favorecer el rejuvenecimiento, aireación e iluminación.

Poda manual y mecánica.

6.12. Plagas y enfermedades

Tratamientos de diversas naturalezas (tratamientos fitosanitarios, medidas culturales, etc), sólo si se supera el umbral económico de daños, poniendo mayor énfasis en las medidas culturales o de otra índole, de carácter preventivo.

6.13. Maquinaria

Recolección mecánica mediante vendimiadora aptada.

6.14. Rentabilidad económica

Proyecto viable y rentable, aunque bien es cierto que la rentabilidad no es muy elevada, ésta puede aumentar notablemente con el aumento de los precios de venta de la aceituna y la reducción de los costes ya que el presente Proyecto se ha diseñado de forma agronómicamente correcta sin escatimar en gasto alguno tanto del propio diseño de la plantación como del cuidado de la misma.

6.15. Presupuesto

El total de ejecución material asciende a 773.967,60 euros.

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a 1.058.245,90 euros.

7. CLIMA

Antes de llevar a cabo una inversión de las características del presente Proyecto se deberá realizar un estudio climático lo más completo posible de la zona donde se va a implantar la explotación a proyectar y así caracterizar el clima habitual de las parcelas elegidas para conocer si el cultivo del olivo, se adaptará perfectamente a las condiciones climáticas de la zona.

Para ello lo primero que hay que conocer es el régimen de temperaturas que causan daños en el olivo en sus diferentes estados fisiológicos a través de la numerosa bibliografía técnica existente.

El segundo paso es conocer las características climáticas de la zona y teniendo en cuenta la localización de las parcelas donde se van a implantar los olivos, se buscará en la red de estaciones meteorológicas de Navarra oficiales más cercanas.

Se escogieron los datos de la estación de datos automática de Cadreita con una serie de datos desde el 31 de mayo del año 1998 hasta 2013.

La estación meteorológica automática de Cadreita se encuentra situada al suroeste de la localidad en las instalaciones del Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) a unos 4 km en línea recta de la plantación y con condiciones de topografía y altitud similares a las de la parcela (290 m de altitud aproximadamente).

La conclusión fundamental que se desprendió del estudio climático es que el cultivo del olivo es compatible con el clima de la zona aun con riesgo frecuente de heladas en invierno, poco frecuentes en primavera.

En otoño y verano, el riesgo de helada es muy poco frecuente siendo evidentemente el riesgo mayor en otoño que en verano.

A pesar del riesgo de heladas en invierno, se conocen experiencias de explotaciones de la zona que con un adecuado manejo se pueden minimizar los posibles daños ocasionados por continuas jornadas invernales de fuertes heladas durante el periodo de formación del cultivo.

8. PARCELA

La finca donde se decidió a implantar el Proyecto está ubicada en Cadreita, que es un municipio situado en la parte sur de la Comunidad Foral de Navarra dentro de la región geográfica de la Ribera de Navarra.

Se caracteriza por estar compuesta por doce parcelas todas ellas dentro del término municipal de Cadreita en los parajes de "*Valcaldera*", "*Currusco*", "*La Muga*" y "*La Boquera*" ocupando un total de 77,13 hectáreas de superficie de uso tierra de labor de regadío.

En la orientación este limita con un camino rural que discurre paralelo a la autopista AP-15 y al actual trazado en construcción del tren de alta velocidad.

Hacia el oeste linda con unas plantaciones de viña en espaldera propiedad de bodega próxima.

En orientación sur con una explotación hortícola de cultivo protegido por invernaderos multicapilla.

Al norte, la explotación limita con un camino rural que hace de muga con el término municipal de Villafranca. Las parcelas junto al camino pertenecientes al citado municipio son de cultivos herbáceos de regadío.

En la zona norte junto al camino rural que linda con el término municipal de Villafranca, la parcela tiene un relieve algo ondulado con una elevación media de 293,50 metros aproximadamente.

Teniendo en cuenta que la superficie total de la explotación ronda las 77 has aproximadamente, podría decirse que se trata de una superficie prácticamente plana con pendientes inferiores al 3%.

9. SUELO

El suelo presenta tanta variabilidad, incluso dentro de una parcela, que si que resultó totalmente imprescindible realizar un estudio concreto, directo y detallado del suelo de la parcela por mucho que existan publicados estudios y mapas de suelo de buen nivel científico-técnico. El suelo puede y debe estudiarse con un detalle muchísimo mayor que el clima.

Los resultados e interpretaciones que se obtuvieron de este estudio son los que siguen.

Se trata de un suelo con un contenido en materia orgánica oxidable 1,65 %. Es un nivel alto y por tanto no es necesaria ninguna enmienda orgánica con este fin.

Es un suelo medianamente básico con un pH de 8,4 normal en suelos con carbonatos y aunque se encuentra entre el rango de valores que tolera el olivo de 5,5-8,5.

Se trata de un suelo sin problemas físicos graves dividido en 4 zonas de diferentes superficies en las que se pueden definir los siguientes tipos de texturas

zona	Superficie (has)	Textura
1	4	Franco arenosa
2	5	Franca
3	28	Franco arenosa
4	40	Franca limosa

Este tipo de texturas es adecuado para la instalación de riego por goteo.

No existen problemas de excesos nocivos de elementos ni para la salud de la planta ni para la conservación del suelo.

Es un suelo calizo, medianamente básico y alta proporción de carbonatos y caliza activa en el que hay que tener en cuenta la concentración de los oligoelementos hierro, manganeso y cinc, a parte de que afectará a la asimilación de potasio y magnesio.

Resumiendo, no presenta graves problemas pero se deberán mantener controles de deficiencias nutritivas de los árboles como ya se ha comentado, realizando análisis de suelo o mejor aún foliares, cada semestre.

10. ELECCIÓN DE LA ESPECIE, MARCO Y VARIEDAD

Sin duda la decisión de cultivar una especie, variedad y marco es importante en todo el Proyecto de cara a su rentabilidad económica. Esta elección condicionará, además otros aspectos claves de la explotación como: mecanización, conducción,...

Además de ser una decisión importante, es bastante difícil de tomar y siempre entrañará un riesgo porque:

- ✓ No se conocerá de antemano el comportamiento y producción de un cultivo más que de forma aproximada.
- ✓ No podrá basarse en estudios numéricos o cuantitativos porque no resultaran del todo fiables.
- ✓ No se podrá comprobar si la elección ha sido la acertada hasta después de bastantes años.
- ✓ Cuánto más innovador sea el cultivo elegido, mayor incertidumbre.

La especie que se implantará será el olivo. El olivo es una buena solución debido a que se adaptará bien al clima y al suelo, aún con los riesgos que conlleva que nos encontremos en una de las zonas más septentrionales para este tipo de cultivo.

Por otra parte y con mayor peso en la elección de la especie, es la alta demanda de mercado en el que se encuentra actualmente el sector de la olivicultura y el del aceite. Además las nuevas plantaciones, utilizando marcos de plantación más intensivos que la forma tradicional, hacen que el cultivo esté bien adaptado a la mecanización, al riego localizado y a una productividad rápida y elevada, es decir, a una supuesta rentabilidad desde el punto de vista económico del cultivo.

Se implantará la variedad arbequina con un marco de plantación de 1,5*4 metros y una densidad de plantación de 1.670 árboles/hectárea.

Se eligió arbequina porque era un valor seguro en calidad, producción y precocidad, resistencia al frío según la literatura, excelente adaptación al cultivo de alta densidad en regadío entre otras razones por su vigor, porte, flexibilidad y respuesta a la recolección con vendimiadora.

Dicha variedad compitió en la elección con la variedad arróniz, mejor adaptada a la zona, muy apreciada, de altos rendimientos, floración tardía y maduración temprana que evita perfectamente los riesgos por heladas, pero con los inconvenientes de mayor vigor y ramas menos flexibles, lo que provoca demasiadas roturas y heridas en recolección mecánica en marcos con alta densidad de plantación.

Se optó por el marco de plantación de 1,5*4 metros por todo el tema anteriormente detallado de precocidad en entrada en producción, rápida amortización, alta producción acumulada a corto plazo, recolección con vendimiadora y presencia de maquinaria de recolección en la zona.

Como puntos negativos destaca la fuerte inversión inicial y el interrogante que dan este tipo de plantaciones cuando llegan a edad adulta por tema de sombreamientos, exceso de vigor y bajada de la producción.

11. PLANTACIÓN

Una vez decidido el marco y la forma de cultivo, especialmente en lo relativo a mecanización, el diseño geométrico de la plantación es fácil y con poco margen de error.

Se adoptó una orientación noroeste-sureste, paralela a la autopista AP15. Se prefirió fundamentalmente, pues saliendo el sol del noreste y poniéndose en el suroeste, de este modo los dos lados de cada fila de árboles estarán exactamente igual de iluminados y soleados con lo que la vegetación y la producción estarán más equilibradas y garantizadas en mayor medida.

Además la plantación estará mejor ventilada por el cierzo dominante. Por otra parte esta orientación es ideal pues la morfología de la parcela así lo pide.

Se tomó el criterio de dividir la finca en tres lotes para realizar plantaciones escalonadas anuales de 23, 22 y 32 hectáreas al año y pudiendo aprovechar el resto de superficie para cultivos anuales (hortalizas y/o cereal) o para barbecho, la gran inversión inicial se repartiría en tres anualidades siendo por tanto un tercio de la cantidad total lo que habría que disponer para iniciar la actividad en cada lote.

Por otro lado, en el año $n+2$ coincidiendo con la plantación del último lote (*lote 3*), ya se cosechará la plantación realizada en el año n del *lote 1*. En el año $n+3$, los *lotes 1 y 2* ya estarán en producción y en el año $n+4$, los *tres lotes* ya estarán en proceso productivo. Por tanto, a partir de este año (*año $n+4$*), los ingresos anuales obtenidos ya superarán a los gastos en la totalidad de los lotes.

Para nuestro caso utilizaremos planta procedente de estaquilla semileñosa de autoenraizamiento por nebulización formada con un solo tronco y de una altura aproximada de 70 cm.

Se trata de una planta certificada de la variedad arbequina, en concreto clon IRTA ® i18 que viene en bandejas de donde se alojan los cepellones de 7*7 cm.

Para la plantación existen medios mecánicos que ahorran fatigas y abaratan los costes de implantación del olivar.

Se realizará una plantación mediante una transplantadora semiautomática suspendida al tractor y dos filas de trabajo. El modo en el que se basa el equipo, con el fin de plantar todas las filas derechas es por el guiado asistido por GPS que lleva acoplado el propio tractor.

12. RIEGO

Para el estudio del suelo habrá que tener en cuenta por un lado el aspecto agronómico de las necesidades hídricas y como consecuencia directa de este, el aspecto de diseño técnico de la instalación.

Este último aspecto no se desarrollará en el presente Proyecto aunque sí que se tendrá en cuenta en el presupuesto general con una partida presupuestaria estimada para dicho capítulo.

El estudio agronómico, la interpretación y aplicación correcta de los valores de coeficiente de cultivo (K_c) mensual y la estrategia de riego utilizando la capacidad del suelo como reserva y colchón resultan más interesantes, pero también más difícil y más incierto o arriesgado que la concepción, cálculo y dimensionamiento de la instalación de riego que es más técnico, previsible y concreto.

Del estudio agronómico se obtuvieron los siguientes resultados.

Se calculó la evapotranspiración potencial, según Blannet-Cridde. después se aplicaron unos coeficientes de cultivo específicos para el olivo, para calcular la evapotranspiración real. Y además una reducción porcentual, por suelo sombreado.

Resultó pues una evapotranspiración para el cultivo del olivo de alta densidad (4*1,5 m) y en pleno desarrollo y para un año de temperatura y pluviometría media, de nuestra zona de 443,7 mm o lo que es casi igual a 4.500 m³/ha y año y para estar más hacia el lado de la seguridad finalmente se optó por tomar un valor de 4.800 m³/ha y año.

Seguido se realizó el cálculo de las necesidades netas de agua, mediante un balance hídrico, donde se tuvieron en cuenta que no toda esta agua se debía aportar, ya que el suelo aprovechaba el agua de lluvia (lluvia efectiva), drenaje del suelo, escorrentía y reserva de agua en el suelo.

Del cálculo de las necesidades netas se obtuvieron unos resultados que invitaban a subdividir las cuatros zonas de suelo diferenciadas en sectores de riego que se diseñarán y montarán técnicamente de acuerdo a las necesidades previsibles de agua, teniendo en cuenta la evapotranspiración del cultivo, sus necesidades hídricas y todo lo comentado anteriormente; y aprovechando del mismo modo estos sectores de riego para hacer los lotes de plantación anuales

Zona	Sup. Total (ha)	Nº Sector	Sup. Sector (ha)	Lote plantación
1	4	1	4	L1
2	5	2	5	L1
3	28	3	7	L1
		4	7	L1
		5	7	L2
		6	7	L2
4	40	7	8	L2
		8	8	L3
		9	8	L3
		10	8	L3
		11	8	L3
Total	77		77	

La programación de riegos es un paso muy importante, porque, nos determinará el mayor caudal de agua necesario y con ello el dimensionamiento de la instalación. Para evitar que el caudal máximo sea alto y con ello, la instalación sea grande, con el consiguiente ahorro económico y al mismo tiempo conseguir un ahorro de agua, se aplicó una estrategia de riego, que tiene en cuenta el agua acumulada en el suelo.

Se escogió el sistema de riego por goteo por tratarse de una plantación de alta densidad, porque las características del riego por goteo son las ideales para nuestro cultivo. La posibilidad de realizar riegos poco copiosos pero muy seguidos en el tiempo, hace que el suelo siempre se encuentre cargado de agua y actúe como un colchón de agua y una óptima humedad para el desarrollo del cultivo.

Se escogerán a su vez un tipo de goteros diferentes para cada sector de riego que sean de buena calidad con el fin de no escatimar en condiciones para que a largo plazo existan problemas de mala distribución del riego por obturaciones o rotura de los goteros. Los goteros serán: autocompensantes, integrados, autolimpiantes, antiraíces y antisucción y con el caudal apropiado a las necesidades de cada sector de riego.

De esta forma se llegará a una planificación del riego con criterios técnicos.

13. MANTENIMIENTO DEL SUELO

Apoyándonos siempre en la práctica agrícola respetuosa con el medio ambiente, en la medida de lo posible, se adoptará un sistema combinado de manejo de suelo.

El actual problema del olivar, son las importantes pérdidas de suelo que se dan por diversos factores. A pesar de que la finca donde se pretende implantar el cultivo de olivos es prácticamente plana y que por lo tanto no está afectada por ese problema, se eligen métodos de mantenimiento de suelo que evitan al máximo las pérdidas de suelo y que lo realizan mejorando las características del suelo. Al mismo tiempo que no se olvida una de las funciones claves del manejo del suelo, que es el control de las malas hierbas.

La elección del manejo del suelo es la siguiente:

- ✓ Durante los tres primeros años de la plantación, se realizará laboreo superficial en las calles de los árboles y mediante la aplicación de herbicidas conseguiremos un suelo desnudo en la zona de las filas de los árboles.
- ✓ A partir del cuarto año, se llevará un manejo de suelo que consiste en la creación de una cubierta vegetal de flora adventicia de las calles de cultivo controlada con una siega mecánica, la incorporación a la superficie del suelo de una cubierta inerte proveniente de los restos de poda triturados y el control de la flora adventicia de las líneas de cultivo utilizando herbicidas y laboreo.

La elección se tomó siguiendo los siguientes criterios:

- ✓ El laboreo es uno de los causantes de las grandes pérdidas de suelo en olivar.

Se consideró que un laboreo reducido, realizado sólo en su justa medida, en los momentos más apropiados, sería el método ideal para realizar el control de las malas hierbas durante los primeros años de la plantación, cuando los árboles son todavía jóvenes y no es interesante crearles competencia con cubiertas vegetales.

- ✓ Cubierta vegetal formada por flora adventicia, pues se conocen los buenos resultados de la cubierta espontánea de producción de biomasa, y aunque posee menores valores de incorporación de nutrientes al suelo que otras como pueden ser las cubiertas a base de leguminosas, estas añade la ventaja de que no hace falta sembrarla, son plurianuales y acarrear mucho menor gasto económico.
- ✓ Cubierta inerte de restos de poda, porque se observó que el volumen de dichos restos puede llegar a ser importante y que mejor oportunidad de eliminarlos incorporándolos al suelo.

14. FERTILIZACIÓN

El suelo se caracteriza por su elevado contenido en materia orgánica y su pH medianamente básico. Se realizarán abonados de mantenimiento de los diferentes elementos de los que necesita el olivo teniendo en cuenta las extracciones del cultivo a lo largo de los diferentes periodos de producción y las aportaciones por parte de los enterrados de restos de poda.

Para complementar el mantenimiento del nivel de materia orgánica, se aportarán además estercoladuras anuales de 7,5 tm/ha de estiércol de oveja.

Gracias a la aportación mineral de éstos, solo se tendrá que completar la fertilización mineral mediante el sistema de fertirrigación con nitrógeno, potasio y fósforo

- ✓ Nitrógeno.

6, 3 y 9 kg/ha los años tercero, cuarto y quinto año, de 1 kg/ha a partir del sexto año y de 23 kg/ha a partir del duodécimo año.

- ✓ Fósforo.

Se aplicará 13 kg/ha el tercer año, 11 kg/ha y 15 kg/ha el cuarto y quinto año respectivamente, 9 kg/ha a partir del sexto año y 27 kg/ha desde el duodécimo año.

✓ Potasio.

En cuanto al potasio se refiere, se aplicarán unas dosis de 11 kg/ha, 10 kg/ha y 39 kg/ha a partir del tercer, cuarto y quinto año respectivamente. Del sexto año en adelante se aplicarán unas dosis de 36 kg/ha y finalmente a partir del duodécimo año aplicaremos 64 kg/ha.

Es importante realizar análisis de suelos y foliares cada 5 años para comprobar el correcto plan de fertilización y cuando se observen síntomas de deficiencias de algún elemento nutritivo, sobre todo carencias de hierro y boro.

15. PODA

Se eligió una poda de formación con forma similar a un cilindro, copa armada sobre un máximo de tres ramas principales o dos ramas bifurcadas dicotónicamente.

Las ramas inferiores serán vigorosas y prácticamente horizontales con el fin de, crear el seto continuo también en las partes inferiores del árbol, y que éste no se desnude excesivamente en esta zona. Árboles de unos 2 metros de altura y aproximadamente 1 metro de diámetro. Tiene que conservarse el eje central sin despuntar. Y tiene que conseguirse un cono vestido desde 30-40cm del suelo hasta 2m de alto, de lo contrario perderemos masa vegetal y por tanto productividad.

La poda de producción deberá procurar una renovación de las ramas productivas, y favorecer la iluminación y aireación de la copa del árbol, fundamentales para la obtención de cosecha. Tiene también que contener el tamaño de los olivos en altura y ancho, para que pueda realizarse la recolección mecánica con vendimiadora de forma correcta.

Deberán evitarse errores claros que a veces se dan en la práctica como se recoge en algunas fotografías del anejo y que principalmente son:

- ✓ Despunte del eje central demasiado bajo.
- ✓ Conservación de más de un eje.
- ✓ Eliminación de la masa vegetal de la base mayor de 30-40cm, llegando a veces a más de 1m.
- ✓ Poda rápida y barata: pocos cortes pero grandes, que eliminan demasiada masa foliar.

Se tuvo en cuenta también la posibilidad de realizar, o al menos de probar o ensayar la poda mecánica.

Y se indicó la necesidad de observar y estar atento a la evolución de otras plantaciones que preceden a la del Proyecto, para conocer la posible evolución del desarrollo de los árboles y de las posibles formas de tratar la poda, ya que no están despejadas todas las incógnitas dado lo reciente (10-12 años) de este tipo de plantaciones de alta densidad formadas en seto.

16. PROTECCIÓN DE CULTIVO

La protección del cultivo del olivo, se basa más en una restauración del ecosistema. Si el ecosistema se encuentra equilibrado y en general se puede afirmar que el olivar está poco desequilibrado porque el número de tratamientos que se realizan es todavía bajo, ninguna población aumenta como para constituir un peligro a la salud del árbol, y que esta salud deteriorada, provoque un daño económico serio.

No se trata en zanjar el problema de una plaga o una enfermedad atacando contra ella sistemáticamente, ya que estas acciones aumentan el desequilibrio biótico del olivo con la consiguiente resistencia de plagas y enfermedades

Se trata de evitar que las poblaciones de los agentes potencialmente dañinos, se mantengan en niveles que no provocan daños económicos serios, ni superiores a los costes económicos de tratar esta enfermedad o la plaga, de ahí que se trabaje según los umbrales de tratamiento.

Por tanto, en esta explotación, se realizarán todas las prácticas culturales posibles, para evitar los desequilibrios, y se actuará contra la plaga o enfermedad sólo en el momento en que la población presente problemas. Para ello es importante realizar conteos y muestreos regulares, uso de tratamientos cebo o de parcheo y en caso de tener que realizar tratamientos, realizarlos lo menos agresivos posible con el resto de poblaciones naturales que habitan en el mismo agroecosistema.

17. MAQUINARIA

Se utilizará maquinaria compartida con otras explotaciones del mismo promotor y con explotaciones de otros agricultores cercanos. De esta forma se aumentarán las horas de uso de cada elemento y así se disminuirá la amortización, lo que es lo mismo, disminuirán los gastos anuales de las operaciones.

La maquinaria específica de una operación, y que por tanto no se va a utilizar lo suficiente como para resultar rentable su compra, se alquilará.

18. RECOLECCIÓN

Se realizará la recolección cuando los índices de madurez lo dictaminen. El estado de madurez es muy importante para la calidad del aceite, ya que si el proceso de maduración no está terminado o se ha pasado, cuando se recolecta, las características organolépticas y de acidez del aceite serán peores y menores en el tiempo y por supuesto, los ingresos por aceituna recolectada serán menores.

Esta operación estará completamente mecanizada, se realizará con vendimiadoras de uva conducida en espaldera.

Las horas de trabajo serán mucho menores que una recolección manual, y la calidad de la aceituna no se verá alterada con este tipo de mecanización, ya que es cómodo, limpio y rápido. Por lo tanto, a igual calidad de recolección, sin roturas de las aceituna, sin aplastamientos, etc... y menores costes de operación, mayor será el margen de beneficios.

19. ESTUDIO ECONÓMICO

Debido a las características del tipo de explotación a proyectar, no se considerará necesario profundizar en un exhaustivo estudio de viabilidad económica puesto que la experiencia, los precedentes y el conocimiento de explotaciones similares cercanas, hacen real una rentabilidad más que suficiente de una explotación de olivo variedad arbequina en producción superintensiva.

Para ello habrá que suponer unos gastos aproximados de funcionamiento de la explotación por hectárea de cultivo.

Por otro lado, habrá que calcular los ingresos estimados por la venta de aceituna, también por hectárea; y con todos los cálculos realizados, se estudiará la rentabilidad.

Se comparó la estimación de los gastos de la explotación con la de los ingresos por producción y sin tener en cuenta otros tipos de posibles gastos e ingresos como seguros, subvenciones, etc y se analizó la tabla adjunta de donde se sacaron las siguientes conclusiones de los resultados por hectárea plantada:

Año	Prod kg/ha	€/kg	Ingresos (€/ha)	Gastos (€/ha)	Resultado (€/ha)
1				670,00	-670,00
2				950,00	-950,00
3	2.480	0,5	1.240,00	1.525,00	-285,00
4	4.960	0,5	2.480,00	1.525,00	955,00
5	8.515	0,5	4.257,50	1.575,00	2.682,50
6	9.595	0,5	4.797,50	1.650,00	3.147,50
7	10.780	0,5	5.390,00	1.700,00	3.690,00
8	10.780	0,5	5.390,00	1.700,00	3.690,00
9	10.780	0,5	5.390,00	1.700,00	3.690,00
10 ...	10.780	0,5	5.390,00	1.850,00	3.540,00

- ✓ A partir del cuarto año de plantación se obtendrán ingresos. Hasta entonces el resultado será negativo.
- ✓ Desde el quinto año el importe del resultado ya irá siendo superior al de los gastos generados en cada año.
- ✓ A partir del octavo año, el acumulado del resultado será superior al acumulado de los gastos.
- ✓ Según la estimación de estos datos, la explotación proyectada de plantación de olivos de variedad arbequina en superintensivo es viable.

20. DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL PROYECTO

- ✓ Anteproyecto
- ✓ Anejos
- ✓ Planos
- ✓ Presupuesto

20.1. Anteproyecto

- ✓ Memoria
- ✓ Anejo A1 Estudio Climático
- ✓ Anejo A2 Descripción Parcela

20.2. Anejos

- ✓ Anejo 1 Suelo
- ✓ Anejo 2 Elección Especie, Marco Plantación y Variedad
- ✓ Anejo 3 Biología y Fisiología del Olivo
- ✓ Anejo 4 Plantación
- ✓ Anejo 5 Riego
- ✓ Anejo 6 Mantenimiento Suelo
- ✓ Anejo 7 Poda
- ✓ Anejo 8 Fertilización
- ✓ Anejo 9 Protección de Cultivo
- ✓ Anejo 10 Recolección
- ✓ Anejo 11 Maquinaria
- ✓ Anejo 12 Estudio Económico

20.3. Planos

- ✓ Plano Situación Emplazamiento
- ✓ Plano Plantación y Orientación Lotes
- ✓ Plano Sectores Riego

20.4. Presupuesto

RESUMEN	EUROS	%
PLANTACIÓN	622.467,60	80,43%
INSTALACIÓN DE RIEGO	151.500,00	19,57%
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	773.967,60	
13,00 % Gastos generales	100.615,79	
0,00 % Beneficio industrial	0,00	
SUMA GG Y BI	100.615,79	
21% IVA	183.662,51	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	1.058.245,90	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	1.058.245,90	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de **UN MILLÓN CINCUENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS Y NOVENTA CÉNTIMOS**

Cadreita a Junio de 2014

El autor del Proyecto

César Ochoa Prat

Universidad Publica de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

PROYECTO

PLANTACIÓN DE OLIVOS EN CADREITA (NAVARRA)

(ANEJOS)

presentado por

CÉSAR OCHOA PRAT. *(e)k*

aurkeztua

**INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL RURAL
*NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAKO***

**Mención Hortofruticultura, jardinería y paisaje
*Baratzezitntza, frutagintza, lorezaintza eta paisaia aipanema***

junio, 2014 / *ekaina, 2014*

ANEJO 1 SUELO PROYECTO

1. EVALUACIÓN Y CORRECCIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO PARA EL CULTIVO DEL OLIVO

El olivo ocupa una vasta diversidad de suelos, desde las laderas y cerros de campiñas y sierras calcáreas mediterráneas, hasta las terrazas y llanuras aluviales, o incluso terrenos silíceos. La adaptabilidad del árbol a variada naturaleza del suelo de tales territorios, no quita para que la productividad del cultivo pueda verse limitada por la condición del suelo.

Las raíces del olivo, si no tienen limitaciones para ello, traspasan con mucho la capa superficial del suelo y toman también agua y nutrientes de las capas subyacentes.

1.1. Limitaciones físicas del suelo

La calidad agrícola de muchos suelos olivareros está más frecuentemente limitada por las características físicas que por las características químicas de los mismos (puesto que las primeras son de carácter permanente o, cuando menos, difíciles de corregir, aun empleando medios técnicos y económicos costosos). Las principales características físicas del suelo que afectan al desarrollo de las raíces y al crecimiento de los árboles son la textura, las condiciones de aireación, la profundidad efectiva y la erosionabilidad.

1.1.1. Textura

La textura del suelo influye poderosamente en muchas cualidades relevantes para el crecimiento de las plantas y el manejo del propio suelo (capacidad de retención de agua y de nutrientes, facilidad para el movimiento del agua, aireación, resistencia a la penetración de las raíces, facilidad de laboreo, erosionabilidad, etc.).

Los suelos arenosos son, por lo general, muy permeables a las raíces, al agua y al aire. Por lo que no suelen presentar problemas de aireación, pero tienen escasa capacidad de retención de agua y nutrientes.

Los suelos arcillosos retienen mucha agua y nutrientes, pero pueden presentar problemas de permeabilidad al agua y de aireación, y son, por otra parte, complicados en cuanto a su labranza (en húmedo, se adhieren a los aperos, son plásticos y se embarran; en seco se tornan duros, requieren mucha potencia a ser labrados y tienden a aterronarse).

Los suelos limosos tienen muchos de los inconvenientes de los suelos arcillosos en cuanto a permeabilidad al agua y aireación, a la vez que son susceptibles al encostramiento y a la erosión. Por último, los suelos de texturas francas reúnen, por lo general, las buenas cualidades de cada una de las tres clases texturales citadas.

Puesto que la textura influye en varias importantes cualidades del suelo en sentidos opuestos (por ejemplo, al aumentar el contenido de arcilla, se incrementa la capacidad de retención de agua y nutrientes, pero se reduce la aireación), no es fácil interpretarla en términos de aptitud para el cultivo. En términos generales, puede decirse que el olivar de secano prefiere suelos de texturas tanto menos finas cuanto menor es la pluviosidad ya que, al disminuir la retención del agua por el suelo, se aprovecha mejor el agua que llega al mismo.

A medida que la textura se hace más fina, la pluviosidad requerida para que el cultivo se desarrolle sin problemas es mayor.

En nuestras condiciones climáticas, el olivo prefiere los suelos con una apreciable pero no excesiva, proporción de arcilla (texturas francas, franco-arcillo-arenosas y arcillo-arenosas). Estas texturas suministran una buena capacidad de retención de agua (una característica esencial para alargar el periodo con agua de reserva en el suelo durante el verano seco propio del clima mediterráneo), a la vez que suelen ser lo bastante permeables para permitir una aireación suficiente. Los suelos con una proporción elevada de arcilla y/o limo presentan, normalmente, una aireación insuficiente. A este respecto, se considera adecuada una textura en la que la relación (arcilla+limo)/arena tienda a la unidad.

Los suelos de texturas más gruesas retienen poco el agua para el cultivo de secano; en cambio, puesto que garantizan una buena aireación, pueden ser excelentes para el olivar de regadío si se riegan y fertilizan de acuerdo con su escasa capacidad de retención de agua y nutrientes.

Muchos suelos de olivar presentan perfiles con fuertes contrastes texturales. El caso más frecuente es el de aquellos suelos que tienen un horizonte de textura fina (un horizonte Bt) debajo de otro de textura más gruesa. Aun cuando la presencia de un horizonte arcilloso favorece la retención de agua y nutrientes, también puede dificultar el drenaje y la aireación. El olivo es muy sensible a la falta de aireación, por lo que suele preferir los suelos de perfil textural poco contrastado. No obstante, puede prosperar en suelos con horizontes subsuperficiales arcillosos siempre que éstos posean una estructura bien desarrollada, con numerosos agregados pequeños y estables, y abundantes macroporos.

El tipo de perfil textural tiene importantes implicaciones en cuanto al sistema de manejo más conveniente para el suelo. En suelos de perfil texturales contrastados bien aireados no conviene dar labores que volteen la tierra y llevar a la superficie del suelo porciones de capas arcillosas subyacentes, puesto que las condiciones que estas ofrecen en cuanto a infiltración del agua, penetración de las raíces, movilidad de nutrientes y tráfico de maquinaria agrícola son, normalmente, mucho menos ventajosas que las de la capa superficial.

1.1.2. Pedregosidad

La presencia de elementos gruesos (partículas mayores de 2mm) influye de modo diverso en la aptitud del suelo para el cultivo del olivo. A este respecto deben considerarse tanto la abundancia y el tamaño de los elementos gruesos como su localización en la superficie y/o interior del suelo.

Por su carácter inerte, los elementos gruesos localizados en el interior del suelo reducen la capacidad de retención de agua y de nutriente en proporción a su abundancia. Otro de sus efectos desfavorables, especialmente si se trata de piedras de gran tamaño, es que reducen la sección de suelo útil para el drenaje del agua, lo que puede tener aplicaciones graves para la aireación (en particular, la abundancia de piedras en capas u horizontes subsuperficiales de textura fina suele empeorar la ya de por sí mala aireación inherente a este tipo de texturas).

Una abundante pedregosidad en la superficie del suelo llega a interferir con las labores, dado el efecto abrasivo de las piedras sobre los aperos; una limitación adicional proviene de la dificultad para recolectar la aceituna caída del suelo. Junto a los citados efectos desfavorables, hay otros que, en cambio, resultan beneficiosos, así, bajo las condiciones del clima mediterráneo, una cobertura abundante de piedras proporciona al suelo una eficacísima protección frente al impacto del agua de lluvia, reduce la escorrentía y la erosión, y ayuda a conservar la humedad del suelo, puesto que disminuye la evaporación. Estos efectos favorables son de tal importancia que han movido a algunos edafólogos a decir que después de materia orgánica, lo mejor que pueden tener los suelos mediterráneos son piedras.

Dados los efectos contrapuestos derivados de la pedregosidad del suelo, no cabe hacer recomendaciones generales en cuanto a su posible corrección mediante el despedregado. En olivares situados en terrenos en pendiente, y allí donde la escorrentía y la erosión potencial sean elevadas, lo mejor que puede hacerse con un suelo pedregoso es mantenerlo cubierto de piedras y establecer un sistema de no laboreo. En cambio, en situaciones de escasa pendiente el despedregado suele ser conveniente.

1.1.3. Condiciones de aireación

El aire del suelo se distingue del aire atmosférico, entre otras cosas, porque contiene más dióxido de carbono y menos oxígeno. Ello se debe a que el aire del suelo está relativamente confinado y a que, al respirar, las raíces y los microorganismos del suelo consumen O₂ y desprenden CO₂. Bajo condiciones normales, cuando gran parte del espacio poroso está ocupado por el aire y su continuidad en el suelo está asegurada, las diferencias de composición entre el aire edáfico y el aire atmosférico son pequeñas, puesto que la ventilación existente garantiza la renovación continua del primero por el segundo (aireación del suelo). Sin embargo, si gran parte de la porosidad del suelo está ocupada por el agua, la aireación disminuye (dado que este proceso solo se realiza a través del espacio ocupado por el aire, espacio que ahora es escaso y discontinuo); en tales condiciones, el oxígeno desaparece rápidamente del suelo (consumido por la respiración de los microorganismos), y las raíces de las plantas comienzan a experimentar la falta de ese gas (asfixia o hipoxia radical). Así pues, la falta de aireación va asociada, casi siempre, al encharcamiento del suelo.

El olivo está considerado como una especie sensible a la asfixia radical, cuya sensibilidad varía entre cultivares. Al parecer, la resistencia al encharcamiento de los distintos cultivares está asociada a su capacidad para anular la hipoxia radical produciendo raíces adventicias cerca de la superficie del suelo. La resistencia al encharcamiento es menor en olivos muy jóvenes que en árboles adultos (hasta el punto de que los plantones de olivo llegan a morir si las pocetas en las que son plantados permanecen con agua 3 ó 4 días). La susceptibilidad del olivo al encharcamiento se acentúa cuando el árbol se encuentra en una fase de crecimiento activo.

Bajo condiciones de clima mediterráneo, el encharcamiento del suelo no suele ser un problema generalizado para el olivar. Normalmente, las situaciones de encharcamiento que se presentan se limitan a invierno y principios de primavera, y afectan a aquellos terrenos en donde se concentra el agua de escorrentía (fondos de valle, depresiones y otras áreas endorréicas puntuales).

Una característica del suelo que induce al encharcamiento, incluso bajo este tipo de clima relativamente seco, es la presencia de un horizonte subsuperficial de baja permeabilidad (en particular de un horizonte arcilloso masivo). Un horizonte tal, puesta que drena mal, permanece saturado de agua durante los periodos de lluvias intensas e, incluso, mucho tiempo después de que estas finalicen, lo que da lugar a una falsa capa freática (o capa freática colgada, llamada así porque afecta exclusivamente a dicho horizonte y a una zona de suelo, situada inmediatamente encima de él); este encharcamiento interno del suelo, aunque de carácter temporal, puede acarrear daños severos a los arboles si persiste mientras estos se encuentra activos.

Un medio conveniente para diagnosticar la profundidad y severidad del encharcamiento consiste en observar los colores del perfil del suelo puestos al descubierto por una cata. Los suelos bien drenados presentan colores de tonos más o menos uniformes (pardos, rojizos o amarillentos); los imperfectamente drenados muestran capas de tonos entremezclados y manchas de color gris; y los muy mal drenados tienen predominantemente un color gris, consecuencia de una actividad anaeróbica. Otro signo de encharcamiento del suelo es la presencia de concreciones de óxidos de hierro-manganeso, de forma redondeada, color negruzco y tamaño que varía entre 0,2 y 1,5 cm de diámetro (semejantes a bolitas negras y duras).

1.1.4. Profundidad efectiva

El conocimiento de muchas propiedades del suelo apenas tiene significado práctico si estas no se refieren a todo el espesor de suelo potencialmente explorable por las raíces (o profundidad efectiva). La profundidad efectiva es una de las propiedades del suelo más importantes para los cultivos, puesto que determina el máximo volumen de suelo del que estos pueden extraer agua y nutrientes. El único modo seguro de conocer la profundidad efectiva del suelo es la observación directa del perfil y de la distribución de las raíces en profundidad. La profundidad efectiva de los suelos del olivar puede estar limitada por varias causas:

- ✓ Presencia de un substrato rocoso continuo, coherente y duro (horizonte R). Esta situación es frecuente en suelos de pendiente pronunciada, en zonas de montaña. Este tipo de limitación de la profundidad no admite, en general, corrección mediante labores (antes bien, las labores agravan el problema puesto que, siendo el terreno escarpado, incrementan la erosión).

-
- ✓ Presencia de capas subsuperficiales cementadas por CO_3Ca . Estas capas o costras calcáreas (llamadas horizontes pretrocálicos por los edafólogos y designadas con nombres locales diversos, tales como toscas, etc.) son frecuentes en suelos de mucha edad desarrollados a partir de materiales calcáreos bajo climas mediterráneos secos (con menos de 600mm de lluvia anual) en el marco de relieves planos. Dichas capas, semejantes a lechos de roca viva, impiden la penetración de las raíces, por lo que determinan, enteramente, la profundidad efectiva del suelo. Algunas costras calcáreas son lo bastante delgadas para que puedan ser rotas con una labor de subsolado, pero otras son tan gruesas, continuas y duras que constituyen una limitación a la profundidad prácticamente imposible de corregir.
 - ✓ Presencia de capas subsuperficiales arcillosas mal aireadas (como se ha comentado anteriormente, esta condición del suelo se manifiesta por la presencia de colores abigarrados y manchas grises). Esta situación es frecuente en suelos típicos de terrenos marcadamente horizontales, de mucha edad (poiedemontes y abanicos aluviales del pleistoceno, terrazas fluviales elevadas, etc.), máxime si en ellos abundan los elementos gruesos. Ante ella, la única solución definitiva que cabe es el drenaje artificial del suelo antes de proceder a la plantación, o bien, en ciertos casos, el establecimiento de ésta con el terreno alomado. Otro medio para aliviar el problema, aunque de forma transitoria, es el subsolado.
 - ✓ Presencia de una capa freática verdadera, tal como ocurre en las cercanías de los cauces fluviales y en zonas de relieve deprimido. El único medio de remediar este tipo de situaciones pasa por el drenaje artificial del suelo.

Los olivos son árboles cuyas raíces activas tienden a situarse no lejos de la superficie del suelo (incluso suelos de secano muy profundos, son relativamente pocas las raíces finas de olivo que alcanzan más de un metro de profundidad). Por tanto, la profundidad efectiva del suelo no suele limitar el crecimiento de los árboles cuando sobrepasa dicho valor; en cambio resulta determinante en suelos menos profundos.

1.1.5. Erosionabilidad

Muchos olivares están situados en zonas que, por su topografía y régimen de lluvias, presenta un riesgo de erosión hídrica elevado. A igualdad de cubierta vegetal, cultivo y prácticas de conservación adoptadas, la erosión potencial del suelo aumenta con el ángulo de la pendiente, la longitud de la ladera y la erosionabilidad del suelo (esta última es una propiedad intrínseca del suelo que dependen sobre todo, de su estabilidad estructural, y que está condicionada por el contenido de materia orgánica: a mayor contenido de materia orgánica, mayor estabilidad estructural y menor erosionabilidad del suelo).

La fuerte pendiente del terreno, la escasez de materia orgánica en el suelo (que en los suelos agrícolas mediterráneos no suele pasar del 2%), las prácticas agrícolas tradicionales, que dejan desnudo el suelo durante los periodos de lluvia más intensa, y la ausencia casi generalizada de medidas protectoras contra la erosión, son factores todos ellos que han hecho que la erosión del suelo sea un problema sumamente grave en buena parte del olivar del área mediterránea, particularmente en el olivar de sierra. Incluso en sus modalidades menos espectaculares (erosión por salpicadura y erosión laminar), la erosión hídrica del suelo representa la pérdida del material más fértil de este, dado que elimina selectivamente las partículas más finas y ricas de los nutrientes. En casos de erosión severa, pueden quedar al descubierto las raíces de los árboles y desarrollarse profundas cárcavas que disecan el terreno y dificultan las labores.

El control de la erosión no es fácil. En el caso de terrenos con pendientes menores de 6%, la erosión puede ser minimizada mediante sistemas de manejo de suelo; cuando la pendiente es mayor, la conservación del suelo requiere diseños de plantación en curvas de nivel, en terrazas e, incluso en bancales.

1.2. Limitaciones químicas

Las características químicas del suelo que deben ser consideradas antes de abordar una plantación de olivar son el pH, la salinidad, el exceso de sodio y la posible toxicidad por boro y cloruros (además de las disponibilidades en nutrientes). En plantaciones de regadío, las características edáficas citadas (excepto el pH y la disponibilidad en nutrientes) pueden ser profundamente afectadas por el agua de riego por lo que el análisis de agua resulta indispensable aunque en este caso por limitaciones de tiempo de dedicación al presente Proyecto, no se realizaron.

1.2.1. pH del suelo

El pH del suelo ejerce una decisiva influencia en el ambiente químico que soportan las raíces de las plantas (en particular, el pH controla, en buena medida las concentraciones en la disolución del suelo de muchos de los elementos nutritivos esenciales para las plantas, así como otros elementos no esenciales). Aunque se desconoce el pH óptimo del suelo para el olivo, el árbol vegeta bien en suelos que van de moderadamente ácidos a moderadamente básicos (pH entre 5,5 y 8,5). Los suelos más ácidos son desaconsejables debido a que generan problemas de toxicidad por aluminio y manganeso. Los suelos con pH mayor de 8,5 (suelen ser suelos sódicos) también deben descartarse, tanto por su mala condición estructural (que obstaculiza la penetración de las raíces, el drenaje y la aireación), como por la propia toxicidad por sodio que plantean. El comportamiento del olivo en suelos calcáreos es bueno a menos que además exista una deficiencia notable de hierro (clorosis férrica).

1.2.2. Exceso de sales

Todos los suelos contienen una cierta cantidad de sales solubles (disueltas en el agua del suelo). Si la concentración de sales solubles es alta, las plantas tienen dificultades para absorber el agua del suelo y pueden, además, resultar dañadas por la toxicidad asociada a un exceso de iones específicos. La salinidad del suelo se expresa mediante la conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo (Ce_s). Por convención, un suelo se considera salino si Ce_s es mayor de 4 decisiemens/m. En este punto tenemos que tener en cuenta también, la salinidad que contiene el agua de riego, que se analiza en el Anejo 5 de riego.

El olivo resiste mejor la salinidad que otros árboles frutales. Aunque no hay muchos datos al respecto, se estima que la producción de aceituna puede disminuir un 10% si la Ce_s alcanza un valor de 4 dS/m. Con una Ce_s del suelo de 8dS/m, el crecimiento y la producción del olivo pueden verse severamente mermados.

1.2.3. Sodicidad del suelo (exceso de sodio)

Los suelos sódicos contienen una elevada proporción de sodio en relación al calcio y al magnesio, tanto en la disolución del suelo, como el complejo de cambio. En estos suelos se plantea un doble problema:

-
- ✓ Las partículas de arcilla se encuentran en estado disperso, lo que hace que la condición física del suelo sea muy desfavorable.
 - ✓ La excesiva proporción de sodio en la disolución del suelo produce desequilibrios nutritivos y/o efectos tóxicos sobre las plantas. La sodicidad del suelo se expresa mediante el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Por definición, un suelo se considera sódico si el $PSI > 15\%$. De acuerdo con Freeman (1994), el olivo resulta moderadamente afectado (su crecimiento y producción se reducen en un 25%, aproximadamente) cuando el PSI del suelo alcanza valores de 20 a 40%. En el olivar de regadío, la sodicidad del suelo suele ser puntual, se circunscribe a las áreas regadas con aguas con alto riesgo de sodización.

1.2.4. Toxicidad por boro y cloro

El boro y el cloro son elementos esenciales para el crecimiento de los árboles que se requieren en cantidades muy pequeñas. Un exceso de cualquiera de estos dos elementos en el suelo puede producir una toxicidad tal que impida el normal desarrollo de los árboles. El olivo es más tolerante al exceso de boro o de cloro que la mayoría de los árboles frutales. Aunque hay pocos datos al respecto, se estima que el límite de tolerancia del olivo a cloruros (que es la forma química en que se presenta el cloro en el suelo), evaluado por la concentración de cloruros en el extracto saturado del suelo asociada a una reducción del 10% del crecimiento, oscila entre 10 y 15 mmholes/l (valores muy superiores a los que toleran otros frutales mediterráneos). Por otra parte, la concentración de boro asociada a una disminución del 10% del crecimiento, medida también en el extracto del suelo es, aproximadamente, 2ppm. En el olivar de regadío, la toxicidad por cloruros o boro va asociada, casi siempre, al uso de aguas de riego con altas concentraciones de dichos iones. Por eso al planificar la puesta en riego de una plantación es inexcusable analizar el agua de riego a fin de comprobar que no entraña riesgos de generar excesos tales elementos bajo las condiciones de manejo del riego previstas.

<i>Clase de limitación</i>	<i>Grado de limitación</i>		
	<i>ligero</i>	<i>moderado</i>	<i>severo</i>
<i>Salinidad total</i> CEes (dS/m)	4	5	8
Reducción de la producción del olivo (%)	10	25	50
<i>Porcentaje de sodio intercambiable</i> (PSI)		20-40	
<i>Toxicidad por boro</i> (ppm)	2		
<i>Toxicidad por cloruros</i> (meq/l)	10-15		

Limitaciones que plantean la salinidad y otras características químicas del suelo al olivo.

Adaptado de Freeman et al. (1994).

1.3. Disponibilidad de nutrientes

La disponibilidad de nutrientes no constituye, en general, un factor limitante para la plantación, puesto que en la mayoría de los casos, los elementos nutritivos necesarios para el crecimiento, se pueden aportar fácilmente mediante el abonado. Por ello, a efectos de planificar la plantación, importa menos conocer la fertilidad del suelo que las posibles limitaciones físicas y químicas de éste.

Los olivos, como plantas perennes que son, disponen de órganos de reserva (raíces, tronco, ramas,...) donde almacenar nutrientes. Ello permite que, aquellos arboles cuyo estado nutritivo sea bueno, puedan afrontar condiciones nutritivas desfavorables en el suelo por periodos relativamente amplios de tiempo (varios años), sin que por ello se resienta la producción: en otras, palabras, los arboles bien dotados de nutrientes son relativamente independientes del suelo en lo que se refiere a satisfacer sus necesidades nutritivas inmediatas. Una consecuencia de esto, es que una vez formada la plantación, debería ser el análisis foliar, por cuanto informa adecuadamente del estado nutritivo de los arboles, el que se utilizara preferentemente como guía para la fertilización del olivar.

El hecho de que el análisis de suelo no resulte tan útil como el foliar para dirigir la fertilización inmediata del cultivo, no es obstáculo para que sea el medio mas directo de conocer la fertilidad del suelo y de prever la forma en que la plantación se fertiliza de acuerdo con un plan determinado. Por tanto de realiza un análisis de suelo antes de proceder a la plantación y, de modo regular (cada cuatro o cinco años), una vez establecida aquélla.

El análisis de suelo comporta tres pasos principales;

- ✓ Toma de muestras
- ✓ Análisis propiamente dicho
- ✓ Interpretación de los resultados.

1.3.1. Toma de muestras

Toda muestra debe ser representativa de la clase o parte del suelo que se pretende estudiar. La parcela a estudio se caracteriza por tener una topografía completamente plana en toda su superficie.

Como se ha comentado anteriormente, las muestras se recogen de una batería de calicatas realizadas en la finca siguiendo un criterio de una calicata por hectárea. Es decir se hacen 77 calicatas

Se ha visto que en la finca hay 4 tipos de suelo diferenciados con distintas superficies cada uno.

Tras un análisis visual de las calicatas se comprueba que dentro de una misma zona son todas de muy similares características por lo que a la hora de realizar las muestras, en lugar de hacer 77 analíticas de laboratorio, se procede a mezclar las muestras de las calicatas por zonas y finalmente se hacen 10 análisis como se muestra a continuación:

- ✓ Zona 1: 1 muestra
- ✓ Zona 2: 2 muestras
- ✓ Zona 3: 3 muestras
- ✓ Zona 4: 4 muestras

1.3.2. Análisis de suelo

No se realiza ningún análisis real de laboratorio ya que se trata de un proyecto "tipo".

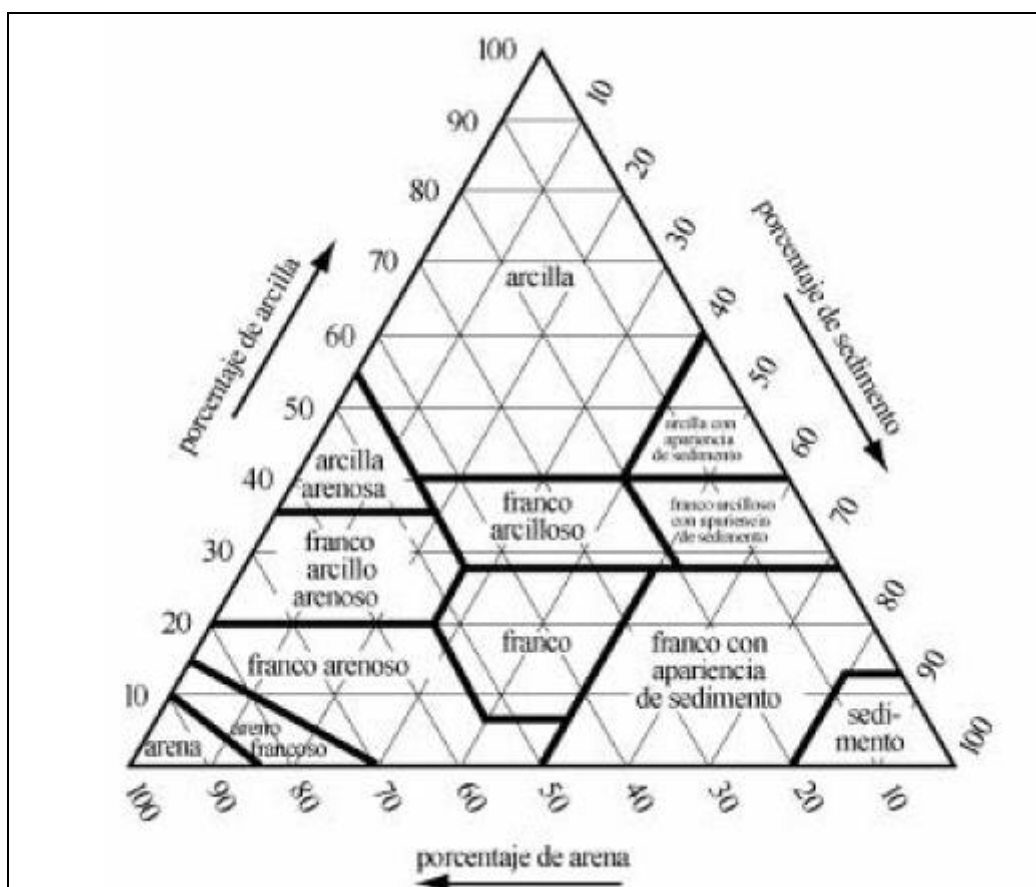
Se consiguen unas analíticas de una finca cercana y de similares características de suelo a la del objeto de presente proyecto.

2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

2.1. Análisis físico

zona	Prof (cm)	Horiz	MO (%)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura
1	0,5	1.1	1,4	68,7	10,2	22,3	Franco arenosa
1	0,7	1.2	0,9	53,5	11,5	28,7	
1	0,4	1.3	0,0	71,4	9,8	16,1	
2	0,35	2.1	1,9	47	20,5	37,4	Franca
2	0,7	2.2	1,2	42	21,5	32,9	
2	0,4	2.3	0,0	34,9	19,9	42,1	
3	0,6	3.1	1,5	66,7	11,2	22,4	Franco arenosa
3	0,5	3.2	0,7	75,6	10,5	28,1	
3	0,4	3.3	0,0	58,2	12,7	25,3	
4	0,4	4.1	1,8	39,1	23,3	67,6	Franca limosa
4	0,6	4.2	1,1	21,5	24,2	63,1	
4	0,5	4.3	0,0	30,6	23	66,9	

MO. Materia orgánica



Con los triángulos de texturas de la clasificación USDA se tienen los diferentes tipos de suelos de la anterior tabla.

Se trata de una finca dividida en cuatro zonas con tres tipos de suelo

2.2. Análisis químico

✓ pH

Se comprueba que el pH es de 8,4. Es un suelo medianamente básico, normal en suelos con carbonatos y aunque se encuentra entre el rango de valores que tolera el olivo de 5,5-8,5, es ligeramente alto.

El comportamiento del olivo en suelos con este pH es bueno a menos que además exista una deficiencia de hierro notable (clorosis férrica). Por esta razón se debe tener en cuenta el contenido de hierro en suelo.

✓ Contenido de materia orgánica

Se trata del contenido en materia orgánica oxidable y se obtienen unos resultados medios de 1,65 g/100 g de suelo. Es un nivel alto y por tanto no es necesaria ninguna enmienda orgánica con este fin

✓ Contenido de fósforo

Se obtiene un valor de 7,8 mg de fósforo por kg de suelo, es decir, 7,8 ppm.

Nuestro suelo están un nivel bajo de fósforo según Olsen, pero considerando que para el olivo este nivel es inferior en cuanto a exigencias se refiere, no es necesaria realizar enmienda de corrección alguna de fósforo.

✓ Contenido de potasio

Se obtiene un valor de 105,5 mg de potasio por kg de suelo, es decir, 105,5 ppm. Según la tabla de resultados de la determinación de las fracciones disponibles para este elemento del método del acetato amónico 1N y teniendo en cuenta la textura media de la finca es textura media, para ese valor estamos en un nivel de fertilidad media.

✓ Contenido de magnesio

Se obtiene un valor de 124,5 mg de magnesio por kg de suelo, es decir, 124,5. A nivel orientativo debería estar en el rango de 50-100 así que al ser un valor elevado, no se aconseja aplicarlo como abonado de fondo.

✓ Relación K/Mg

La relación K/Mg es de 0,32 y está dentro de los límites orientativos de 0,3-0,5.

✓ Carbonatos totales

La determinación de los carbonatos totales en un suelo tienen interés por su valor diagnóstico de diversas propiedades del suelo (estructura, actividad biológica, bloqueo de nutrientes, etc.). Sin embargo, el contenido total no da una idea exacta de la importancia que los carbonatos tienen en los procesos químicos del suelo. Por este motivo, en aquellos casos en que el análisis de carbonatos sea positivo y superior a una cifra que se suele fijar entre un 8 y un 10%, se deberá completar la información por el análisis de carbonatos totales con la referencia al análisis de la caliza activa.

Los resultados de pH y de carbonatos totales están relacionados: si el suelo es ácido no hay presencia de carbonatos, excepto si ha sido encalado recientemente, lo que no es nuestro caso. Los suelos ricos en carbonatos y con un pH próximo a 8, suelen contener mucho carbonato cálcico, mientras que con altos contenidos en carbonatos y pH superior a 8,5 el carbonato predominante suele ser el sódico.

Tenemos un valor de carbonatos de 40,7% de carbonatos. Se trata de un valor en exceso que provocara el bloqueo en formas insolubles de microelementos como el Fe, Mn, Zn, Cu, dando lugar a las enfermedades llamadas carenciales. También se provocara la retrogradación del fósforo a formas insolubles, y de forma parecida se verán afectados el K y el Mg.

Para compensar estos efectos negativos una buena práctica agrícola es la de aportar abono orgánico.

✓ Caliza activa

La velocidad de disolución del carbonato cálcico es función de la dureza y del tamaño de las partículas. A dureza igual, la velocidad aumenta con la finura del grano. En suelos ricos en carbonato cálcico y una gran concentración de Ca^{2+} en solución, los cultivos presentan con frecuencia síntomas de deficiencias de Fe y/o Mn, que se manifiestan por la tonalidad amarillenta de sus hojas (falta de clorofila). A este fenómeno se le denomina "clorosis". El poder clorosante del suelo, que depende de la facilidad de entrada del calcio en solución, dependerá, pues, de la naturaleza y de la cantidad de caliza que contenga y del tamaño de las partículas de caliza.

La caliza puede formar parte de las distintas fracciones granulométricas del suelo. Sin embargo, solo las fracciones más finas, por ser las más activas químicamente, serán las que interferirán en el normal desarrollo de las plantas. Estas fracciones finas se acotan superiormente en 50 micras y reciben el nombre de caliza activa.

La determinación de esta fracción sirve para utilizarla como índice para diagnosticar el riesgo de clorosis que puede suponer un determinado suelo para cultivos sensibles. Sin embargo, no hay que olvidar que además de la caliza activa, hay otros factores que pueden dar origen al bloqueo de la clorofila, con la consiguiente aparición de clorosis, como el contenido en arcilla, exceso de ciertos iones, elevada humedad del suelo (lluvias en primaveras frías), enterrado de materias orgánicas fermentables, etc., lo que dificultara la interpretación de los resultados.

El dato del análisis nos dice que tenemos en el suelo 8,2%. El valor ideal debería ser inferior a 6. Esto indica que existe un exceso de Ca que interfiere en la asimilación del Fe y P y también un antagonismo con el K. Y también dar un problema de deficiencia de Mg.

✓ Conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica (relación 1:1)=0,7 dS/m

Nos encontramos con un suelo no salino puesto que como nivel óptimo orientativo para el cultivo del olivo, este valor debería ser inferior a 1 dS/m.

Este dato debería contrastarse con el agua de riego, pero con respecto a la salinidad del suelo no habrá ningún tipo de problema, ya que el olivo resiste mejor que otros frutales la salinidad.

✓ Capacidad de intercambio catiónico

Nuestro suelo tiene una CIC de 15,6 meq/100 g de suelo, así que se encuentra en un nivel medio y apropiado para la adsorción de los nutrientes en el complejo de cambio.

✓ Porcentaje de cambio de calcio

Se obtiene un porcentaje de calcio de cambio de 9,9 Cmo/kg. Se trata de un valor normal.

✓ Porcentaje de cambio de magnesio

Se obtiene un porcentaje de magnesio de cambio de 1,02 Cmo/kg. Se trata de un valor elevado.

✓ Porcentaje de cambio de sodio

Se obtiene un porcentaje de sodio de cambio de 0,25 Cmo/kg. Se trata de un valor normal.

✓ Porcentaje de cambio de potasio

Se obtiene un porcentaje de potasio de cambio de 0,26 Cmo/kg. Se trata de un valor adecuado pues se encuentra en el nivel óptimo de 0,26-0,45.

✓ Oligoelementos (hierro, manganeso, cobre cinc)

Por lo general estos elementos nunca faltan en el suelo, aunque pueden plantearse problemas de carencias cuando se bloquean por condiciones de pH, adsorción por las partículas de caliza, interacción con otros elementos, etc.

2.3. Conclusiones finales

Se trata de un suelo sin problemas físicos graves dividido en 4 zonas de diferentes superficies en las que se pueden definir los siguientes tipos de texturas

zona	Superficie (has)	Textura
1	4	Franco arenosa
2	5	Franca
3	28	Franco arenosa
4	40	Franca limosa

Este tipo de texturas es adecuado para la instalación de riego por goteo.

No existen problemas de excesos nocivos de elementos ni para la salud de la planta ni para la conservación del suelo.

Es un suelo calizo, medianamente básico y alta proporción de carbonatos y caliza activa en el que hay que tener en cuenta la concentración de los oligoelementos hierro, manganeso y cinc, a parte de que afectará a la asimilación de potasio y magnesio.

Resumiendo, no presenta graves problemas pero se deberán mantener controles de deficiencias nutritivas de los árboles como ya se ha comentado, realizando análisis de suelo o mejor aún foliares, cada semestre.

ANEJO 2 ELECCIÓN ESPECIE,
MARCO PLANTACIÓN Y
VARIEDAD
PROYECTO

1. PRECEDENTES PRÓXIMOS

La idea de proyectar una plantación de olivo ha impulsado el interés en averiguar la existencia de plantaciones en la zona. Para ello se han localizado las plantaciones más próximas y se ha tratado de conocer de ellas su comportamiento, evolución, marcos de plantación y variedades.

Finca La Boquera

La finca "La Boquera" se encuentra ubicada en el término municipal de Cadreita a escasos 200 metros de las parcelas elegidas para la plantación de olivos proyectada.

- ✓ Superficie: 60 has.
- ✓ Plantación: 2005.
- ✓ Marco: 4*1,5 metros
- ✓ Variedad: Arbequina.
- ✓ Tipo de suelo: Abundan las margas y las tierras de aluvión (Idem parcela proyectada).
- ✓ Riego: Localizado por goteo.
- ✓ Aspecto plantación: Muy bueno. Uniforme. Buena producción.
- ✓ Porte: Formación en seto.
- ✓ Otros aspectos: Calles con cubierta vegetal

2. ELECCIÓN DE ESPECIE: OLIVO

La especie a implantar en las parcelas elegidas para el presente Proyecto es el olivo. Esta especie es una buena solución puesto que se adapta bien al clima y suelo, pese a los riesgos que conlleva el encontrarnos en una zona muy septentrional para el cultivo del olivo.

Por otra parte y con mayor peso en la elección de la especie, es la alta demanda de mercado en la que se encuentra actualmente el sector de la olivicultura y el del aceite. Más si cabe desde que se encuentra al amparo del sello de la Denominación de Origen Protegida "Aceite de Navarra".

Además las nuevas plantaciones, utilizando marcos de plantación más intensivos que la forma tradicional, hacen que el cultivo esté bien adaptado a la mecanización, al riego localizado y a una productividad rápida y elevada, es decir, a una supuesta rentabilidad desde el punto de vista económico del cultivo.

2.1. Requerimientos climáticos

Los requerimientos climáticos del olivo están relacionados con su origen mediterráneo y como tal adaptado a inviernos suaves y veranos largos y calurosos. De hecho numerosos autores han valorado los riesgos y daños de las bajas temperaturas. Elías y Ruiz 1997 consideran que la temperatura media de las mínimas absolutas anuales por debajo de -7 °C marcan el límite del área geográfica del cultivo (sin embargo existen excepciones). Sibbett y Osgood 1994 constatan que temperaturas aisladas de 10 °C en periodo de reposo pueden causar la muerte de ramas gruesas e incluso de toda la parte aérea. Aunque temperaturas de -5 °C a -10 °C pueden dañar a ramas jóvenes y brotes.

En crecimiento y maduración del fruto, temperaturas de 0 °C pueden disminuir la cantidad y calidad de la producción (Navarro y Parra).

En cuanto a los daños en fruto, además de ser menos importantes, cada vez son menores porque la tendencia es adelantar la recolección arpa obtener aceites más verdes y afrutados llegándose a cosechar a primeros de noviembre.

En este caso se puede afirmar que se está dentro del área geográfica del cultivo (de hecho es una zona de cultivo tradicional) siendo además, Cadreita, uno de los 135 municipios del sur de Navarra del área geográfica delimitada por la D.O.P. "Aceite de Navarra".

Hay que tener en cuenta que existen riesgos de daños por heladas, especialmente en los primeros años, pudiéndose disminuir éstos a través de una adecuada elección varietal y con un correcto manejo de cultivo antes, durante y después de la helada.

2.2. Requerimientos de suelo

Las exigencias en cuanto al suelo no son muy elevadas en el olivo puesto que se adapta a casi todos los existentes. Evidentemente, prefiere y produce más en los de mejor calidad.

Las limitaciones físicas más graves para su cultivo se refieren a la profundidad útil (más de los 80 cm es correcto) a veces muy baja por horizontes petrocálcicos o rocas madres o arcillas compactas y a la aireación que puede ser deficiente en suelos muy arcillosos o de drenaje insuficiente.

En cuanto a la textura, prefiere los francos o franco arcillosos o limosos, que normalmente reúnen una buena aireación, permeabilidad y retención de agua, antes que las tierras de grano más grueso, arenosas, que retienen poco agua.

En cuanto a las limitaciones químicas, siguiendo a Navarro y Parra 1997, las más significativas son:

- ✓ El pH, vegeta bien desde valores de 5,5 hasta 8,5.
- ✓ La salinidad, que el olivo resiste mejor que la mayoría de frutales y aunque puede soportar hasta salinidades altas su producción se reduce a medida que la concentración aumenta. La salinidad reduce la disponibilidad de agua por lo que, en cultivo bajo riego, es menos perjudicial (salvo que se produzcan problemas de aireación del suelo).
- ✓ El exceso de sodio en relación al calcio y al magnesio puede provocar deficiencias de aireación y además toxicidad directa. En olivo se presentan problemas cuando el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) alcanza valores altos, de 20 a 40.
- ✓ Toxicidad por boro y cloruros. El olivo es menos sensible al exceso de boro y cloruro que la mayoría de los frutales aunque no se han fijado límites de tolerancia. Los problemas de toxicidad por estos elementos suelen deberse, casi siempre, al agua de riego con contenidos altos.

El suelo de nuestra finca, aunque no es un modelo de fertilidad, puede acoger sin mayores problemas el cultivo del olivo.

3. MARCO DE PLANTACIÓN Y VARIEDAD

La rentabilidad económica es el objetivo que debe perseguir toda plantación comercial de olivar. La rentabilidad será tanto más alta cuanto mayor sea la diferencia entre el valor de la producción y los gastos de cultivo realizados. Unos y otros se pueden modificar con las técnicas de cultivo empleadas, pero ambos se ven muy condicionados por el medio de cultivo en que se sitúa el olivar, por la forma en que se ejecuta dicha plantación, así como por la variedad empleada.

Para que un olivar sea rentable debe cumplir unas condiciones que se pueden resumir de la siguiente manera: Ofrecer un producto aceptado por el mercado, tener un periodo improductivo lo más corto posible, aprovechar al máximo el medio natural en el que crece y ser mecanizable.

Queda clara pues, la existencia de una relación directa en lo que se refiere a marco de plantación – variedad.

Hay que tener en cuenta, que cada variedad posee un vigor natural característico que lo hace apropiado para la utilización de una u otra densidad de plantación.

3.1. Alternativas: Marcos de plantación

La luz es responsable de la síntesis de hidratos de carbono en la hoja a partir del dióxido de carbono de la atmósfera y del agua del suelo. La falta de luz produce modificaciones en la hoja y la alteración de procesos que influyen en la cosecha final.

El olivar se desarrolla, por lo general, en un medio donde la radiación luminosa no constituye limitación ninguna si se diseña la plantación de modo que no se produzcan sombreamientos indeseables de unos árboles sobre otros.

El diseño correcto de la plantación permitirá alcanzar los objetivos enunciados anteriormente de acortar el periodo improductivo, aprovechar al máximo el medio de cultivo y mecanizar en la medida de lo posible las operaciones de cultivo.

La plantación de olivo en regadío tiene distintas posibilidades en lo que se refiere a densidad de plantación. El análisis se centrará en la comparación de los puntos de vista económicos y agronómicos de las diferentes densidades de plantación.

En los últimos años se ha realizado en Navarra plantaciones de olivar con densidades de plantación superiores a los 1.600 árboles por hectárea y se presenta por sus defensores como el único modelo de cultivo mecanizado. Este es un modelo con altísimas producciones y con una mecanización integral en la recolección. No obstante, parece una afirmación realizada demasiado a la ligera sin tener en cuenta otras opciones existentes como la plantación del olivo en intensivo con cerca de 300 árboles por hectárea, en los que se utilizan vibradores en la recolección y también se alcanzan altas producciones. Se trata de plantaciones superintensivas frente a intensivas, ambas con ventajas e inconvenientes para el productor, como puede verse a continuación.

En este punto cabe la posibilidad de introducir la diferenciación en lo que se refiere a plantaciones "superintensivas" e "intensivas".

Son plantaciones superintensivas aquellas que superan los 1.500 árboles por hectárea e intensivas las que poseen aproximadamente 300-400 árboles por hectárea. Además existen diferencias entre plantaciones realmente tradicionales y las que denominamos intensivas, que se trata de plantaciones modernas con mayores densidades de plantación, diferentes sistemas de formación del árbol, recolección mecanizada, sistema de riego, etc. (Nuevas plantaciones de olivo en regadío. Navarra Agraria 2007).

A continuación se facilitan una serie de conclusiones económicas y agronómicas para que el agricultor las valore. Estas conclusiones hay que interpretarlas como un criterio más entre los muchos que se deben analizar antes de tomar una decisión tan importante como la realización de un cultivo de este tipo.

Para ello se van a comparar dos modelos de plantación, una superintensiva tomando un modelo tipo de 1.670 árboles por hectárea con un marco de plantación de 4*1,5 metros y otro modelo tipo intensivo de 285 árboles por hectárea con un marco de plantación de 7*5 metros. En ambos casos se trata de plantaciones en regadío, por tanto, el agua no sería factor limitante. Suponemos la variedad arbequina.

3.1.1. Inversión necesaria

Los costes que se refiere a la inversión son los correspondientes a las labores preparatorias del terreno, estercolado y abonado, planta, plantación, emparrado, tutores, sistema de riego, tratamientos, labores culturales, riegos y mano de obra empleada. Además el coste de la plantación se considera que se alarga hasta el año en que los ingresos obtenidos superan a los gastos de explotación del cultivo. Sin tener en cuenta posibles subvenciones destinadas a la plantación, se tienen los siguientes valores de inversión.

	Superintensivo	Intensivo
Año 1 (plantación)	7.724 €/ha	3.528 €/ha
Inversión total	10.810 €/ha	8.562 €/ha
Año ingresos>gastos	3º	6º

(Nuevas plantaciones de olivo en regadío. Navarra Agraria 2007)

El principal inconveniente de las plantaciones superintensivas de olivo es el elevado coste de implantación en el primer año.

Por otro lado la inversión global de las dos plantaciones no es muy distinta. La inversión total de plantación intensiva es de un 20% más baja que superintensiva.

Sin embargo se ponen a favor de la intensiva que la inversión se realiza poco a poco a lo largo del tiempo y las necesidades de tesorería en el año uno son mucho más bajas que en la plantación superintensiva.

Hay que destacar también que en plantación superintensiva los ingresos superan a los gastos en el año 3, mientras que en intensiva este periodo se demora hasta el año 6.

3.1.2. Tipo de recolección

El agricultor siempre manifiesta un interés especial por la forma de cómo va a recolectar el fruto. En general lo que busca es la utilización de la mínima mano de obra ajena para esta labor de recolección.

Tanto en plantaciones superintensivas como en intensivas, la recolección mecanizada está solucionada pero con diferentes matices para cada una de ellas.

En superintensivas a partir del tercer año se puede utilizar máquinas cosechadoras de recolección de uva. En muchos casos se observa que agricultores se decantan por este tipo de plantación debido a que ya cuentan con una vendimiadora y lo enfocan como una buena solución para rentabilizar la máquina. En cualquier caso, desde el punto de vista técnico, esta decisión no sería la más apropiada puesto que una nueva plantación de este tipo se debería enfocar solamente desde la rentabilidad de la propia explotación.

Otro aspecto importante es que con el paso del tiempo, la utilización de las cosechadoras cabalgantes en continuo obligará a realizar intervenciones severas de poda, que afectarán negativamente a la producción, además de ocasionar un elevado coste.

Actualmente se están realizando podas de renovación aproximadamente en el año décimo de la plantación debido a la dificultad progresiva que se da por recolección mediante cosechadora cabalgante. Estas dificultades en recolección se deben a la gran altura y anchura que alcanzan los árboles y el alto vigor de las ramas.

En el caso de plantaciones intensivas, la recolección mecanizada estaría solucionada a partir del séptimo año, con la utilización de un vibrador con paraguas. En este supuesto, el coste es algo más bajo aunque el tiempo de recolección resulta algo mayor.

	Superintensivo	Intensivo
Método recolección	Cosechadora cabalgante	Vibrador con paraguas
Tiempo de recolección	3 h/ha	5 h/ha
Coste/hectárea	450 €/ha	330 €/ha

(Nuevas plantaciones de olivo en regadío. Navarra Agraria 2007)

Hay que citar que en plantaciones intensivas la utilización del vibrador con paraguas para la recolección no se realiza antes debido a la necesidad de utilización de un tutor y hasta la retirada del mismo, en el séptimo año, no es aconsejable vibrar los árboles.

El problema aparece en el periodo hasta el séptimo año, en que es evidente la necesidad de mayor mano de obra, aunque con la aparición en el mercado de pequeños vibradores se reduce en gran parte este problema.

3.1.3. Resultado económico

Los resultados económicos de una plantación intensiva son mejores que una superintensiva reflejado en los años de plena producción.

Los resultados se ven muy influenciados por la inversión de la plantación. Mientras que en intensivo la plantación supone el 20% de los gastos totales, en superintensivo es del 31% (Nuevas plantaciones de olivo en regadío. Navarra Agraria 2007)

Por otro lado, a favor de las plantaciones superintensivas tenemos el dato de producción acumulada. En el año 11 la producción acumulada en kilos de oliva de un sistema superintensivo es de aproximadamente de un 40% superior respecto al sistema intensivo. Este dato es el que nos hace reflexionar sobre el interés de las plantaciones superintensivas.

Desde el punto de vista de una gran empresa dedicada a la comercialización de aceite de oliva y no a su producción, es evidente que el principal objetivo es obtener la máxima cantidad de aceite en el menor tiempo posible, por lo que la balanza se decanta a un sistema superintensivo.

La entrada en plena producción en plantación superintensiva es al quinto año, mientras que en el modelo intensivo este tiempo se alarga aproximadamente a los catorce años. No obstante, el margen neto (valor económico que realmente obtenemos) de la plantación intensiva alcanza a la superintensiva aproximadamente en el año once, a partir del cual los resultados económicos del sistema intensivo son mejores.

Antes de realizar la plantación y sopesando los dos sistemas estudiados nos deberemos preguntar, ¿Qué tipo de plantación quiero de ahora a diez años?, en otras palabras, las plantaciones superintensivas con el paso de los años nos van a plantear una serie de problemas de difícil solución. Problemas de vigor, sombreamientos, reducción de la capacidad productiva, podas severas, etc. Mientras que en sistema intensivo con el paso de los años la plantación ocupará más racionalmente el espacio vegetativo y mantendrá sus producciones sin problemas de estabilidad en el tiempo.

3.1.4. Conclusión

Finalmente y a modo de resumen se describen las ventajas e inconvenientes de cada sistema de producción.

Ventajas superintensivo

- ✓ A partir del tercer año los ingresos anuales obtenidos superan a los gastos, por lo que no hay necesidad de tesorería.
- ✓ Desde el tercer año la recolección es mecanizada mediante cosechadoras cabalgantes.
- ✓ Existe una gran disponibilidad de máquinas vendimiadoras en cooperativas, CUMAS, etc para utilizar en recolección de oliva.
- ✓ La entrada en plena producción es más precoz, se alcanza al quinto año.
- ✓ La producción acumulada de oliva en el año once supera en más del doble a la de plantaciones intensivas.
- ✓ A corto plazo es una alternativa rentable.

Inconvenientes superintensivo

- ✓ Elevado coste del valor de la inversión, con alta necesidad de tesorería en el primer año.
- ✓ Con el paso del tiempo, para la utilización de máquinas vendimiadoras en recolección será necesario la realización de podas severas, que afectarán negativamente a la producción y supondrán un coste añadido.
- ✓ La duración de la plantación es mucho más corta y con el paso de los años aparecen problemas de vigor, sombreamientos y reducción de la producción.
- ✓ Las disminuciones tanto de las producciones como del precio de la oliva afectan considerablemente a la rentabilidad.

Ventajas intensivo

- ✓ La inversión se realiza poco a poco a lo largo del tiempo. Las necesidades de tesorería en el primer año no son tan altas.
- ✓ A partir del séptimo año la recolección es con vibrador y su coste es algo más bajo.
- ✓ El resultado económico de un año en plena producción es mejor debido al menor gasto.
- ✓ Las producciones se mantendrán más estables con el paso del tiempo. La plena producción se alargará en muchos años.
- ✓ Las bajadas en las producciones y en los precios de la oliva no perjudican notablemente a la rentabilidad de la producción.
- ✓ Aunque a corto plazo es menos rentable, al tratarse de una plantación de mayor vida útil, a largo plazo su rentabilidad supera con creces al sistema superintensivo.

Inconvenientes intensivo

- ✓ Hasta el sexto año no se consigue que los ingresos anuales superen la partida de gastos. Durante los seis primeros años tenemos necesidades de tesorería.
- ✓ La recolección no es mecanizada hasta el séptimo año, siendo necesaria la utilización de mano de obra en los años aunque nos ayudemos en la recolección de pequeños vibradores.
- ✓ La presencia en Navarra de vibrador con paraguas no es muy amplia. Se deberá bien alquilar dicha maquinaria o sopesar la adquisición del vibrador con paraguas.
- ✓ La plena producción se retrasa hasta el decimocuarto año, no obstante los márgenes netos de los tipos de plantación de los dos tipos de sistemas se igualarán en el undécimo año.

En estas pocas páginas se ha intentado comparar y dar a conocer las pautas necesarias para la elección de una plantación de olivo en sistema superintensivo o intensivo.

Se han comparado los valores "más extremos" en lo que se refiere a la densidad de plantación, es decir, se ha tomado una plantación superintensiva prácticamente con el máximo de árboles posible por hectárea y otra intensiva con un valor bajo de densidad de plantación, aunque cabe la posibilidad de marcos de 7*7 metros. Con esto se quiere decir que existe la posibilidad de multitud de valores intermedios de marcos de plantación que afectarán a los puntos anteriormente estudiados.

Por ejemplo, si optamos por una plantación con un marco de 4*2 metros, las ventajas y desventajas se asemejarían a la plantación superintensiva de 4*1,5 metros aunque con leves variaciones. En este caso se utilizará también para la recolección cosechadoras cabalgantes; los ingresos anuales obtenidos superarán a los gastos algo más tarde; la entrada en plena producción no será al quinto año sino más tarde; la producción acumulada los primeros años será menor; la inversión será menor; aunque la duración de la plantación también será corta por tema de vigor, sombreamientos..., ésta será mayor.

Ahora si se decanta por una plantación intensiva con una marco de 6*4,5 metros las variaciones respecto a la intensiva de 7*5 metros serán: mayor inversión inicial, se reducirá el tiempo en el que los ingresos anuales superen la partida de gastos; la producción acumulada de los primeros años será mayor; la plena producción se adelantará; existirán mayores problemas de espacio en maniobras de recolección con vibrador con paraguas e incluso algún problema de sombreamientos.

3.2. Alternativas: Variedades

Llegados a este punto hay que preguntarse, ¿se planta una o más variedades?. Tradicionalmente la mayoría de los olivares son monovarietales sin llegar a conocerse fracasos de polinización como en otras especies (pera, almendros, cerezo...). El olivo es preferentemente alógamo (L. Rallo 1997) y en los ensayos de polinización se han observado diferencias que hacen recomendable la polinización. El transporte de polen es fundamentalmente anemófilo y eficaz hasta 30 metros. Además las variedades a polinizar deben ser compatibles y de floración simultánea.

Aunque se ha comprobado experimentalmente que la "Manzanilla de Sevilla" responde positivamente a la polinización cruzada (y que en California e Israel la necesitan para obtener producciones elevadas), en conjunto la necesidad de polinizadores en el olivo no es tan crítica como en otras especies.

Y pese a que no se dispone de información concisa y contrastada, todo apunta a que la polinización puede resultar beneficiosa:

- ✓ Cuando las temperaturas en floración son bajas (<15°C) o altas (>30°C).
- ✓ Cuando coincide con déficits de agua o nutrientes.
- ✓ En cualquier caso puede ser buena para disminuir la "vecería", que es una constante en el cultivo del olivo que se da con carácter general en todos los lugares y variedades cuyo mecanismo de acción aún no está claro pero que ninguna estrategia ha mostrado la suficiente efectividad para controlarla. La polinización cruzada tampoco, pero puede contribuir a paliarla, junto con el buen estado sanitario y nutricional que debe conseguirse mediante un buen cultivo.

Así que en principio parece interesante la introducción de polinizadores.

Sin embargo, hay otras razones para proyectar una plantación con más de una variedad. Las principales están relacionadas con los riesgos. Se sabe que los daños de heladas no afectan lo mismo a todas las variedades. Otros riesgos son los de adaptación a la zona, clima, medio. Se puede afirmar, con poco riesgo de equivocarse, que las variedades mejor adaptadas son las cultivadas tradicionalmente en cada zona. Por tanto, si queremos implantar una variedad más o menos nueva, no será descabellado combinarla con otra tradicional.

Resumiendo, se pueden poner dos variedades, pero la proporción dependerá de las que finalmente se acaben escogiendo. Si las dos nos parecen igual de buenas podemos poner las al 50% y en caso contrario aumentar la proporción de la mejor.

Una buena variedad para la zona objeto del Proyecto, independientemente del sistema de cultivo que se decida, debe tener:

- ✓ Buena adaptación.
- ✓ Buena calidad de aceite.
- ✓ Buena productividad.
- ✓ Buena tolerancia o resistencia a enfermedades.
- ✓ Maduración temprana para evitar fríos antes de recolección.

Pero para una plantación de alta densidad, además:

- ✓ Rápida entrada en producción
- ✓ Buena adaptación a recolección por vendimiadora
- ✓ Vigor bajo o medio si es posible

Se barajan varias variedades destacando las tres más adaptadas a la zona, Arróniz, Arbequina y Empeltre.

Por otro lado, también se tendrá en cuenta la implantación de las variedades Frantoio, Picudo, Picual, Hojiblanca y Corniblanca.

Las principales características de cada variedad se describen a continuación:

Cornicabra

Muy extendida, es la segunda en el territorio nacional en cuanto a superficie se refiere. Predomina en Ciudad Real y Toledo. Se encuentra en numerosas denominaciones como "Cornezuelo", "Corniche" y "Osnal" entre otras. Se la considera de gran adaptación a suelos pobres y zonas secas y frías. Es apreciada por su alto rendimiento graso y por la calidad de su aceite, de excelentes características organolépticas y elevada estabilidad. Sus frutos presentan una maduración tardía y elevada resistencia al desprendimiento, que dificulta la recolección mecanizada. Especialmente sensible al reiplo y tuberculosis.

Hojiblanca

Localizada en el sur de Andalucía, también conocida con la denominación "Lucentino", es una variedad apreciada por su resistencia a los suelos calizos. Tiene doble aptitud (aceite y mesa) y se considera muy adecuada para el aderezo en negro "Californiano" por la textura firme de su pulpa. Sus frutos presentan un contenido en aceite bajo, aunque apreciado por su calidad y una elevada resistencia al desprendimiento que dificulta su recolección mecanizada. Es susceptible a repilo, tuberculosis y verticilosis.

Picual

Es conocida por ser la más importante en la zona de Jaén y la más cultivada en España, se denomina de otras formas como "Marteño", "Nevadillo" y "Lopereño". Es muy apreciada por su precoz entrada en producción, alta productividad, rendimiento graso elevado y facilidad de cultivo. Su aceite es de calidad media, aunque destaca por un alto índice de estabilidad y por un alto contenido en ácido oleico. Se considera tolerante a tuberculosis, pero muy susceptible a repilo y verticilosis. En la zona de La Rioja y sur de Navarra se ha probado y no ha convencido pues soporta mal la recolección mecánica con vendimiadora, se hiere y se rompen muchas ramas.

Picudo

También conocida como "Carrasqueño de Córdoba". Es una variedad vigorosa adaptada a zonas calizas. Es muy valorada por su elevado rendimiento graso y por las excelentes características organolépticas de su aceite. La gran capacidad germinativa de su polen hace que se utilice como polinizador de otras variedades. La época de maduración de sus frutos es tardía y estos representan una elevada fuerza de retención que dificulta en extremo su recolección mecanizada. Se considera muy sensible a repilo y tuberculosis.

Frantoio

Es la principal variedad italiana. Muy apreciada por su productividad elevada y constante y por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones medioambientales, aunque es sensible al frío invernal. Su capacidad de enraizamiento es elevada. Sus frutos son de tamaño medio, de unos 2,5 gramos, y el contenido graso es de medio a elevado. El aceite es muy apreciado por sus excelentes características organolépticas y por su estabilidad. Es sensible a tuberculosis y mosca y tolerante a verticilosis. Presenta características de interés para incluirlas en el elenco de variedades cultivadas en Navarra pero son necesarios más años de experiencia.

Empeltre

Conocida además con las denominaciones de "Aragonesa", "Injerto" y "Mallorquina". Tradicional del valle medio del Ebro (Aragón, Navarra y La Rioja). Es apreciada por su productividad y excelente calidad del aceite, suave, dulce y aromático pero también inestable. Presenta una capacidad de enraizamiento baja, por lo que habitualmente se propaga por injerto. La maduración temprana de sus frutos, la baja resistencia al desprendimiento y el porte erguido de sus ramas la hacen ideal para la recolección mecanizada. Vigor medio. Tiene problemas de cuajado de frutos y de daños por heladas invernales. Puede ser muy interesante por su tolerancia a verticilosis.

Arbequina

Típica de Cataluña (Lérida y Tarragona). Se cita como resistente al frío en todas sus publicaciones técnicas, pero en esta zona y comparativamente a las variedades tradicionales, parece que sufre más, al menos los plantones y ramos jóvenes. Es susceptible a la clorosis férrica en terrenos muy calizos. Es muy apreciada por su precoz entrada en producción, elevada productividad, buen rendimiento graso y excelente calidad de aceite (quizá el mejor), muy afrutado y aromático, aunque este presente baja densidad. Posee cierta tolerancia al repilo y verticilosis. Fruto muy pequeño, se cita como mal adaptada a la recolección mecánica, pero esto se debe explicar. Si la recolección es por medio de vibradores el desprendimiento del fruto es escaso, mientras si se habla de recolección mecanizada con vendimiadoras el comportamiento no tiene nada que ver con el vibrador, sino que su desprendimiento del árbol es estupendo. La flexibilidad de sus ramas la hace ideal para la recolección con vendimiadora, pues no se producen apenas roturas de las mismas.

Arróniz

Variedad de reciente inscripción en el Registro, procedente de la selección clonal de varios individuos de la zona de adaptación de la variedad (Zona Media de Navarra y comarca colindante de la Rioja Alavesa). Se cultiva de toda la vida en nuestra zona, tiene rasgos similares a la Empeltre por lo que durante mucho tiempo se discutió si era una subvariedad o raza o si se trataba de la misma Empeltre. Se conocía y se conoce entre los agricultores de la zona como "Vidrial". La gran diferencia existe en la calidad de su aceite, ya que se diferencia en el color y sabor, que es también excelente y quizá el más apreciado en la zona y buena parte de Navarra. Este aceite se diferencia claramente del resto debido a su frutado medio con matices de hortalizas frescas, muy original, con un amargo y picante notables y cierta astringencia, cuando se elabora con el punto de madurez óptimo. Posee un alto rendimiento graso. Es la variedad mejor adaptada a nuestra zona y la que mejor resiste los fríos del invierno. Floración tardía (finales de mayo) y maduración temprana (principios de diciembre), por lo que evita los hielos. El fruto es más grueso que Arbequina y su vigor es medio-bajo. La recolección mecánica mediante vibradores es satisfactoria en plantaciones intensivas, mientras si se habla de plantaciones de alta densidad para la recolección con vendimiadora, la dureza, friabilidad y baja flexibilidad de las ramas, la hace poco apropiada debido a la rotura de ramas.

Desde el año 1999 en la navarra localidad de Tudela el antiguo ITG Agrícola (ahora INTIA) tiene un ensayo donde se implantaron numerosas variedades con diferentes densidades de plantación y mismas condiciones de cultivo, riego por goteo, herbicida en la línea y siega mecánica. Se realizan sobre todo estudios de adaptación de variedades a la zona y a los diferentes marcos de plantación.

En el artículo "Variedades de olivo en Navarra" de la publicación técnica "Navarra Agraria" (marzo-abril 2008) se pueden observar los resultados de estos ensayos que sirven a su vez para dar una idea de las características principales de cada variedad.

En la tabla 3.2.1. Resultados artículo "Variedades de olivo en Navarra" (Navarra Agraria marzo-abril 2008) y a modo esquemático se detallan las características más importantes de las alternativas de variedades que pueden ser aconsejables para su implantación en nuestra zona teniendo en cuenta la productividad de oliva y de aceite, el vigor, el rendimiento graso y la calidad del aceite, la tolerancia al frío, la adaptación a la recolección mecánica. Además se tiene en cuenta la sensibilidad al repilo, tuberculosis y verticilosis.

Variedad	Prod. oiva	Prod. aceite	Rto. graso	Calidad aceite	Vigor	Toler. Frío	Recolec. Mecánica	Otros aspectos interés
Cornicabra	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Sensible repilo y tuberculosis. Adaptación suelos pobres y secos
Hojiblanca	Medio	Medio-Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Bajo	Sensible repilo, tuberculosis y verticilosis. Adaptación suelos calcáreos
Picual	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	-	-	Tolera repilo, tuberculosis y verticilosis
Picudo	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	-	Medio	Maduración tardía. Sensible repilo y tuberculosis
Fantoio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio-Bajo	-	Sensible tuberculosis y mosca. Tolera verticilosis
Empeltre	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio-Bajo	Alto	Maduración temprana. Tolerante a verticilosis
Arbequina	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Tolerancia repilo y verticilosis
Arróniz	Medio-Alto	Medio-Alto	Medio-Alto	Alto	Medio-Alto	Alto	Medio	Resistencia notable frío invernal. Maduración temprana y floración tardía

Tabla 3.2.1. Resultados artículo "Variedades de olivo en Navarra" (Navarra Agraria marzo-abril 2008)

4. ELECCIÓN DE MARCO DE PLANTACIÓN Y VARIEDAD A IMPLANTAR

Teniendo en cuenta los requisitos y resultados descritos anteriormente sobre la adaptación de la variedad al clima, al suelo, a la demanda del mercado, a la mecanización, al riego localizado y a una producción rápida y elevada, se escogen dos posibles variedades que cumplen todos los condicionantes, Arróniz y Arbequina.

Desde un punto de vista empresarial a corto plazo, y teniendo en cuenta que lo que se pretende es rentabilizar la inversión rápidamente, además de tener una cierta “comodidad” en el día a día de la finca y sus labores, se busca una plantación en donde las labores se puedan llevar a cabo de forma mecánica en su mayoría y sobre todo, la recolección.

No hace falta decir que el principal objetivo es obtener la máxima producción de oliva posible en la vida útil del Proyecto y por todo ello se opta por utilizar una alta densidad de plantación con un marco de plantación bajo, adaptándolo a una u otra variedad.

De momento no se ha comentado nada sobre los precios y mercados de cada variedad.

Arróniz es una variedad autóctona arraigada sobre todo a la Zona Media y Tierra Estella de Navarra. La mayoría de los olivares son de tipo tradicional en el que el agricultor obtiene aceite a cambio de aceituna, es decir, la gran mayoría es destinada al autoconsumo.

El precio al productor no depende totalmente de la variedad de la cual se está hablando sino que se fija un precio sobre el rendimiento graso de la aceituna entregada. Aunque parezca contradictorio el rendimiento graso de la variedad Arróniz de la zona donde ésta se cultiva es de 4 a 5 puntos mayor que la variedad Arbequina, es decir, tiene un rendimiento graso de un 4-5% mayor. Esto es debido a que para la obtención de uno u otro aceite es necesario realizar la recolección en un estado de madurez diferente. Para elaborar aceites de calidad de variedad Arróniz se recolecta con un grado de madurez alto, mientras que si se habla de variedad Arbequina, la recolección se realiza con un grado de madurez menor.

Por esta razón aunque el rendimiento graso “natural” de la variedad Arbequina es mayor que la Arróniz, debido al estado de maduración en recolección lleva a obtener resultados contrarios.

La media de los precios de la variedad Arróniz de estas últimas campañas está sobre los 0,48-0,52 céntimos de euro/kg (Trujal Almazara de Tudela).

Arbequina es una variedad que aunque no sea autóctona de la zona desde ya hace unos años se ha implantado en nuestra geografía. La calidad de su aceite es excelente y muy demandado en el mercado foral, nacional e internacional.

Si se tiene en cuenta lo anteriormente comentado de precios frente rendimiento graso, la variedad Arbequina alcanza actualmente unos precios de los 0,46-0,50 céntimos de euro/kg (Trujal Almazara de Tudela).

CONCLUSIÓN

*Variedad Arbequina con un marco de plantación de 1,5*4 metros y una densidad de plantación de 1.670 árboles/ha.*

Se elige Arbequina porque es un valor seguro en calidad, producción y precocidad, resistencia al frío según la literatura (aunque en la zona se den casos de daños por heladas en plantones y ramos jóvenes), excelente adaptación al cultivo de alta densidad en regadío entre otras razones por su vigor, porte, flexibilidad y respuesta a la recolección con vendimiadora.

En artículo "*Ejemplo práctico de recuperación de plantaciones afectadas por heladas durante el periodo de formación*" de la revista técnica *Olint* (número 13 noviembre 2007), se describen muy bien los itinerarios técnicos que se siguieron en el manejo de cultivo ante los previsibles daños por las fuertes y continuas heladas que se produjeron durante el invierno de 2005 en pleno periodo de formación de una plantación de olivos Arbequina en superintensivo en la finca La Boquera.

La finca *La Boquera* se encuentra ubicada en el término municipal de Cadreita a escasos 500 metros de las parcelas elegidas para el presente Proyecto.

En diciembre de 2005 se registraron, en la estación meteorológica de Cadreita, 12 días seguidos de heladas, con 4 días en los que la temperatura máxima no subió más allá de 1,8 °C. En los meses de enero, febrero y marzo, se dieron un total de 9, 11 y 2 días respectivamente de heladas, aunque siempre la temperatura media diaria se situó por encima de 0 °C.

La temperatura mínima alcanzada en todos estos días, -7°C, n fue especialmente baja pero la persistencia durante el mes de diciembre, unido a una planta joven no excesivamente lignificada provocó daños importantes en el olivar.



diciembre 2005

Olint (número 13-noviembre 2007)

A la salida del invierno todas las plantas de la parcela presentaban una sintomatología común:

- ✓ Defoliación severa de los brotes situados por encima del protector.
- ✓ Coloración verde pálido y curvatura transversal hacia el envés en las hojas no desprendidas de los brotes.
- ✓ Necrosis apical de los brotes.
- ✓ Fisuras en los brotes del eje en formación y secado de los brotes laterales de menor diámetro.

En la finca *La Boquera*, en lugar de realizar una intervención inicial drástica a través de la poda, se decidió posponer cualquier actuación para no mermar las reservas (almidón, azúcares y minerales) todavía disponibles en la madera y hojas menos dañadas de la plana para que contribuyeran en la nueva brotación. Por otra parte, esta decisión sirvió para contar con el tiempo suficiente para definir el daño realmente sufrido.

Con riegos y abonados en su justa medida y aportando aminoácidos durante los primeros meses de la primavera, se llegó a mediados de junio con masa vegetal suficiente como para volver a definir un eje central a partir de la elección del brote situado en la parte más elevada (el más alejado del suelo) y volver a realizar su atado al tutor.

El hecho de comenzar de nuevo la formación desde uno de los brotes basales desestimando por completo el eje del año anterior, como se hace de manera muy habitual, hubiera supuesto llegar al invierno con un "brote-eje" de menor diámetro (semejante al del primer año) y por tanto más susceptible a las heladas. La supresión de la totalidad de la parte aérea hubiera retrasado en mayor medida la entrada en producción, y aumentado el número de atados a efectuar con el consecuente incremento de los costes

Con esta práctica, los olivos alcanzaron el otoño de 2006 con el eje recuperado y prácticamente al final del tutor. Durante octubre y noviembre se aplicó óxido cuproso para retener el crecimiento de la planta y así forzar su endurecimiento.



septiembre 2006

Olint (número 13-noviembre 2007)

En 2007 y tras un invierno sin problemas de afección por las bajas temperaturas, se ha completado la formación de los olivos Arbequina y el desarrollo de ramas laterales que en el próximo año darán lugar a la primera producción consistente de la finca *La Boquera*.



octubre 2007

Olint (número 13-noviembre 2007)

Con esta experiencia real sobre una plantación de Arbequina, queda más que demostrado que pese a que esta variedad pueda ser más sensible a heladas respecto a Arróniz, con un adecuado manejo se puede sacar adelante la explotación ante unas duras e históricas condiciones climatológicas.

Se opta por el marco de plantación de 1,5*4 metros por todo el tema anteriormente detallado de precocidad en entrada en producción, rápida amortización, alta producción acumulada a corto plazo, recolección con vendimiadora y presencia de maquinaria de recolección en la zona.

Como puntos negativos destaca la fuerte inversión inicial y el interrogante que dan este tipo de plantaciones cuando llegan a edad adulta por tema de sombreamientos, exceso de vigor y bajada de la producción.

Si el desarrollo vegetativo alcanzado a edad adulta es tal que la distancia de 1,5 metros no llega a formar un seto continuo, sino que los árboles se tocan en parte, habremos perdido un poco de volumen foliar pero habremos ganado en superficie iluminada y aireada respecto al seto continuo y eso mejora la función fotosintética.

La distancia entre las líneas de 4 metros puede ser suficiente si no se deja que los árboles adquieran mucha altura.

Desde mi punto de vista como técnico, la clave de este tipo de plantaciones, sobre todo cuando llegan a la edad adulta, es realizar durante toda la vida del árbol constantes podas de renovación que lleven a controlar el vigor y tamaño de los árboles.

Otro problema llegará cuando el tronco principal tenga excesivo vigor y dificulte la recolección con vendimiadora.

Con el criterio tomado de dividir la finca en tres lotes para realizar plantaciones escalonadas anuales de 23, 22 y 32 hectáreas al año y pudiendo aprovechar el resto de superficie para cultivos anuales (hortalizas y/o cereal) o para barbecho, la gran inversión inicial se repartiría en tres anualidades siendo por tanto un tercio de la cantidad total lo que habría que disponer para iniciar la actividad en cada lote.

Por otro lado, en el año $n+2$ coincidiendo con la plantación del último lote (*lote 3*), ya se cosechará la plantación realizada en el año n del *lote 1*. En el año $n+3$, los *lotes 1 y 2* ya estarán en producción y en el año $n+4$, los *tres lotes* ya estarán en proceso productivo. Por tanto, a partir de este año (*año $n+4$*), los ingresos anuales obtenidos ya superarán a los gastos en la totalidad de los lotes.

Aunque el precio de la variedad Arróniz supera ligeramente a la variedad Arbequina, esto se compensa debido a la mayor producción de esta última variedad.

Se ha sopesado la implantación de la variedad Arróniz únicamente por la mayor adaptación y resistencia al frío que la variedad Arbequina, utilizando un marco de plantación de menor densidad con recolección mediante vendimiadora (por ejemplo un marco de plantación de 4*2 metros). Se elimina esta propuesta por la mala respuesta que posee ésta variedad a la recolección con vendimiadora y por el mayor vigor que posee dicha variedad, que reduciría la vida útil de la plantación o se deberían realizar mayores labores de poda.

**ANEJO 3 BIOLOGÍA Y
FISIOLOGÍA DEL OLIVO
PROYECTO**

1. TAXONOMÍA DEL OLIVO

El olivo se encuadra en la familia de las oleáceas en el orden ligustrale. El género "olea" está compuesto por treinta especies diferentes. La especie "olea europea" se subdivide en tres grandes subespecies:

- ✓ Euromediterranea
- ✓ La perrini
- ✓ Cuspidata

La subespecie Euromediterranea comprende la serie oleaster y la sativa. La primera es la forma espontánea denominada comúnmente "acebuche", que se distribuye por la cuenca mediterránea. La sativa es el olivo cultivado.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO

Es conocida la gran longevidad del olivo con buen estado de producción, existen árboles con 300 años. Además, en el caso de que desapareciera el tronco por envejecimiento al cortarlo a ras de suelo, brotaría nuevamente desde su base, dando lugar a un nuevo árbol.

De hecho hay plantaciones, que bien por envejecimiento del tronco o porque haya este muerto por otra circunstancia, como ocurre en caso de fuertes heladas, han sido cortadas por el pie del árbol y han rebrotado, siendo sus troncos mucho más jóvenes que su sistema radical.

El olivo es una planta muy rústica, de ahí que se le encuentre en terrenos de poca fertilidad y en climas extremadamente áridos.

Cuando se planta en terrenos fértiles y en lugares de adecuada pluviometría para el cultivo, sus producciones son netamente más altas.

El desarrollo del árbol es variable según la variedad y medio en que se desarrolla. A veces alcanza gran tamaño, aunque las técnicas de cultivo limitan el desarrollo en altura del árbol para hacer más sencilla su explotación.

2.1. Sistema radicular del olivo

Cuando el olivo procede de semilla tiene una raíz pivotante en los primeros estadios de desarrollo. Sin embargo, al realizar el trasplante al terreno de asiento, dicha raíz queda atrofiada sustituyéndose por un sistema radical fasciculado y más superficial.

Cuando las plantas se multiplican por estaquillado, emiten un sistema radicular en el que dominan tres o cuatro raíces. Una vez plantadas al terreno definitivo desarrollan igualmente un sistema fasciculado.

El desarrollo radicular de un olivo depende mucho de la textura del terreno. En terrenos arenosos, sueltos, se desarrolla más en profundidad que en terrenos arcillosos, compactados, etc.

La pluviometría influye también mucho en el desarrollo de las raíces, cuando es baja, las raíces del olivo profundizan más, buscando la humedad en capas profundas. Cuando es alta, las raíces profundizan menos.

En general, el sistema radicular del olivo se extiende entre los 15-20 cm de profundidad hasta los 80-100 cm.

2.2. El tronco del olivo

En el tronco del olivo se pueden distinguir dos partes, la inferior, más gruesa, al nivel del suelo (cepa o peana), y la superior, que parte de la peana y se subdivide en ramas.

La peana o cepa es exteriormente muy irregular, presentando grandes protuberancias más o menos marcadas. En la parte inferior de la masa ovular, se constituye, como ya hemos dicho, un nuevo sistema radicular más superficial.

En la mayor parte de las plantas, aún en las adultas, la peana se encuentra enterrada pero, a veces, se ve de ella una porción más o menos grande, según haya sido la erosión en terrenos de pendiente o la acumulación de tierra originada de las labores.

En la parte de la peana que emerge de la superficie del terreno, se desarrollan chupones que se denominan en nuestra geografía como "varetas", que anualmente se extirpan en una operación de cultivo que se denomina "desvareado".

El tronco propiamente dicho es la porción del tallo que se eleva desde la peana, y que, a diversas alturas del suelo, se subdivide en ramas. La corteza se hiende longitudinalmente y transversalmente de modo no uniforme, y tomando un color oscuro.

La irregularidad del tronco es debida a la formación de cordones o costillas, que suben de la peana por el tronco y se continúan por las ramas principales. La mayor cantidad de savia, sube desde las raíces gruesas o descienden de las ramas a lo largo de las costillas.

Los cortes de las ramas mal hechos, favorecen a veces, la penetración del agua al tejido leñoso y la infección por hongos parásitos. De la actividad de estos hongos se genera la alteración de la madera causando una depresión general de la planta. La presencia de estas alteraciones de la madera, que se denominan "caries", obliga, en ocasiones en los árboles viejos a efectuar una limpieza de tronco, por quitar la zona afectada ("desastillado").

El mayor crecimiento del tronco se realiza en primavera, después sigue una parada estival y nuevamente vuelve a crecer en otoño.

2.3. Ramos, ramos y brotes del olivo

Las ramas que constituyen el olivo se pueden distinguir entre principales y secundarias. Las ramas principales son las que nacen directamente del tronco, y son las que determinan la forma del árbol y el desarrollo de su vegetación. Las ramas secundarias son las que se desarrollan sobre las principales formando numerosas ramificaciones por constituir lo que se llama la "copa del árbol".

Se entiende por ramos los brotes de un año de edad y por brotes se entiende la producción vegetativa del año, que no siempre se encuentra completamente lignificada en el ápice.

Entre los ramos podemos distinguir:

- ✓ Ramos chupones
- ✓ Ramos leñosos
- ✓ Ramos mixtos
- ✓ Ramos fructíferos

Los ramos chupones o simplemente "chupones" se encuentran aislados, derechos, son muy vigorosos, están provistos de pocas hojas, de brotes anticipados y de yemas, tendiendo a producir en el año siguiente otros brotes. Pueden estar insertos sobre la peana del árbol o sobre las ramas madres.

Los ramos leñosos poseen como los chupones, yemas que darán producciones leñosas. Tienen mucho vigor pero inferior al de los chupones, están ordinariamente provistos de ramas anticipadas y revestidos de hojas normales.

Los ramos mixtos son menos vigorosos que los anteriores. Son aquellos en que una parte de las yemas darán productos leñosos mientras que otros se diferencian en frutos.

Los ramos fructíferos presentan escaso vigor y tienen porte más o menos péndulo; en base a esos caracteres y a otros secundarios se puede prever que casi todas las yemas, incluida la terminal, se diferencian en inflorescencias.

Los brotes destinados al año siguiente a transformarse en ramos, se distinguen teniendo presente la posición y naturaleza de las yemas de las que provienen, en axilas, terminales o de prolongación, anticipados o adventicios.

Se llama axilares a los brotes que provienen de yemas situadas en las axilas de las hojas; se llaman terminales o de prolongación a las que derivan de yemas situadas en los ápices de los ramos; se llaman anticipadas aquellas que toman origen de las yemas y se llama adventicias a las que derivan de yemas adventicias y que no tienen por consiguiente, posición bien determinada, repartiéndose en varios puntos de las ramas.

2.4. Hojas del olivo

Las hojas son simples, enteras, de peciolo corto, dispuesto en el mismo plano que el limbo, generalmente lanceoladas. El limbo es plano, con los bordes ligeramente curvados hacia la parte inferior. La nervadura central se marca con claridad y termina en un mucrón, que es más o menos largo e inclinado.

El olivo conserva la copa siempre verde; las hojas formadas desde la primavera hasta el otoño, en realidad persisten poco más de un año. A parte algunas hojas se conservan aún por dos años consecutivos. La producción de hojas se inicia con el comienzo de la primavera de la actividad vegetativa. La formación de las hojas continúa hasta finales de octubre siguiendo el ritmo de crecimiento de los ramos, que es el máximo en junio o julio.

En agosto hay una parada casi total en los terrenos de secano. La vegetación de los brotes se reemprende en septiembre o en octubre para pararse de nuevo durante el invierno, a causa de las bajas temperaturas.

La caída de las hojas emitidas en marzo empieza normalmente desde finales de abril a mayo del año siguiente, es decir, después del inicio de la nueva foliación; esta caída alcanza la máxima intensidad en junio y julio, para pararse nuevamente hasta finales de agosto. Antes de desprenderse las hojas, van gradualmente cambiando de color verde a verde-amarillento, que terminan en amarillo en el momento de la caída.

Pueden producirse caídas anticipadas por diversas causas, como pueden ser las infecciones de parásitos o las adversidades meteorológicas (caries, sequía, viento, excesivo frío invernal, etc), y frecuentemente por efecto de ataques de hongos a las hojas, como ocurre con *Cycloconium*.

2.5. Yemas del olivo

En el olivo como en otros frutales, las yemas se distinguen por varias características; las más comunes se basan en la posición que ocupan en los ramos, en las ramas y en el tallo, sobre la época en la cual se inicia la vegetación y sobre su estructura interna.

En el olivo predominan las yemas axilares pero, sin embargo, son frecuentes e importantes las yemas adventicias que se encuentran en varias partes del árbol, de las cuales se desarrollan ramos que sirven para la reconstrucción de las ramas e incluso del árbol cuando el tronco, por la causa que sea, desaparece.

En cuanto a la época de vegetación se pueden considerar las yemas hibernantes, que son las que formadas durante el periodo estival otoñal, vegetan solamente en la primavera siguiente; las latentes son las que se conservan sin germinar durante dos, tres y aún cuatro años consecutivos; y las prontas son las que completada la constitución morfológica y biológica, entran en el mismo año en vegetación.

En cuanto a estructura interna, se distinguen; yemas de leño, yemas de flores y yemas mixtas. Las yemas de leño dan lugar a un brote y, posteriormente, a un ramo. Las yemas de flores engendran solamente una inflorescencia. Y las yemas mixtas dan origen a un brote, el cual, a su vez germina, produciendo inflorescencias.

2.6. Flor del olivo

La inflorescencia es un racimo y cada racimo tiene un número de flores variable según la variedad (10-40). Las flores están constituidas por cuatro sépalos, cuatro pétalos, dos estambres y dos carpelos.

El cáliz es gamosépalo y la corola gamopétala.

Los estambres están insertos en la corola. Los carpelos están soldados en un ovario bilocular. El estilo es generalmente corto y bífido.

2.7. Fruto del olivo

El fruto es una drupa. El pericarpio está unido al mesocarpio, que es la pulpa de la aceituna. El endocarpio está formado por el hueso que protege a la semilla.

Tan pronto como se realiza la fecundación se puede observar el pequeño fruto formado. Muchos de estos frutos sufren una caída fisiológica en el mes de junio, que puede llegar hasta el cincuenta por ciento de los frutos cuajados.

Al final de julio y agosto, coincidiendo con el endurecimiento del hueso, se produce una segunda caída fisiológica. A veces se puede confundir con ésta la producida por ataques de parásitos, tales como el de los "prays".

A partir de noviembre comienza la maduración del fruto.

3. EFECTO DEL FRÍO SOBRE LA FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN

El olivo aguanta temperaturas de hasta -10 °C cuando se encuentra en reposo invernal. A veces, cuando el invierno es muy benigno, el reposo invernal no es completo, siendo entonces más sensible a las bajas temperaturas cuando éstas descienden con posterioridad.

La floración y fructificación guardan relación con el número de horas frío que pasa el olivo. El número de horas frío requerido para una floración máxima varía con la variedad.

4. POLINIZACIÓN DEL OLIVO

La polinización es originada por el viento (anemófila). El polen puede depositarse sobre estigmas de flores de la misma variedad (autopolinización) o de otra distinta (polinización cruzada). Muy rara vez el polen de una flor fecunda el ovario de la misma.

Existen variedades autofértiles, como ocurre en España con las variedades "Picual", "Hojiblanca", "Lechin", "Manzanilla", etc. Estas variedades no necesitan polen de otras para poder fructificar.

Otras son autoincompatibles, necesitándose entonces asociación de dos variedades compatibles y cuya floración tenga lugar al mismo tiempo.

En algunas variedades son muy frecuentes los abortos de ovario: "Gordal" y "verdial" llegan a tener hasta un ochenta por ciento de abortos de ovarios, mientras que la variedad "Empeltre" solamente llega al diez por ciento. Parece ser que la frecuencia de aborto ovárico es un carácter de la variedad, aunque también se piensa que depende de otros factores como el déficit hídrico.

A veces la esterilidad es producida por la ausencia de polen o por su falta de fertilidad (androesterilidad). El polen del olivo tiene gran poder germinativo cuando germina el 25%.

5. CALENDARIO FENOLÓGICO DEL OLIVO

✓ Desborre	Primeros de marzo
✓ Botón verde	Mediados de marzo
✓ Botón rosa	Mediados de mayo
✓ Plena floración	Primeros de junio
✓ Caída de pétalos	Primeros de julio
✓ Cuajado	Mediados de julio
✓ Endurecimiento del hueso	Julio-agosto
✓ Desarrollo del fruto	Septiembre-mediados octubre
✓ Madurez del fruto	Mediados octubre-noviembre
✓ Reposo invernal	Enero-febrero

Tanto el crecimiento de los brotes como el desarrollo de frutos son fenómenos cíclicos en el olivo. Ambos se repiten con carácter anual, pero mientras el crecimiento de los brotes se completa dentro de un mismo año, los procesos que conducen a la fructificación requieren dos estaciones consecutivas. En la primera tiene lugar la formación de las yemas, su inducción floral y el establecimiento de reposo en las mismas. Tras éste, en la segunda tiene lugar el desarrollo de las inflorescencias y de las flores, la floración y el crecimiento y desarrollo de los frutos que concluyen con la maduración.

En un año genérico sin producción, se origina una elevada inducción floral. Al año siguiente, la inducción floral es mucho menor por el efecto de la presencia de frutos. Así, la simultaneidad entre procesos vegetativos y reproductivos del mismo año y entre procesos de dos ciclos reproductivos consecutivos originan fenómenos de competencia e inhibición. La irregular distribución de los asimilados entre frutos y brotes crea un proceso de competencia que conduce a que años con fuerte carga, el crecimiento de los brotes sea escaso, limitando el número de nudos y de potenciales yemas de flor. Por su parte, el desarrollo de la semilla está relacionado con la inhibición de la inducción floral en la yema de los brotes distales de los ramos fructíferos. Ambos fenómenos son determinantes de la acusada tendencia del olivo a la vecería.

Ciclo vegetativo del olivo

El olivo despierta su vegetación a principios de primavera (marzo-abril), observándose la aparición de nuevos brotes terminales y la eclosión de yemas axilares.

La floración tiene lugar en mayo-junio, y una vez realizada la polinización, se sigue con el cuajado del fruto.

En julio-agosto tiene lugar el endurecimiento del hueso, y a partir de este momento, los frutos engordan hasta alcanzar el tamaño normal de octubre.

A partir de octubre viene la maduración. La duración de este periodo depende de la variedad.

Durante el invierno entra el olivo en un reposo invernal.

ANEJO 4 PLANTACIÓN PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo que persigue el cultivo del olivar y todos los cultivos en general, es la rentabilidad económica. Dicha rentabilidad será tanto más alta cuanto mayor sea la diferencia entre el valor de la producción y los gastos de cultivo realizados. Ambos se pueden modificar con las técnicas de cultivo empleadas, pero del mismo modo, ambos se ven muy condicionados por el medio físico en el que se sitúa la plantación del olivar, por la adecuada elección de la variedad y por la forma en que se realiza dicha plantación.

Para que un olivar sea rentable debe cumplir unas condiciones que se pueden resumir de la siguiente manera:

- ✓ Ofrecer un producto de calidad aceptado en el mercado.
- ✓ Tener un periodo improductivo lo más corto posible
- ✓ Aprovechar al máximo el medio natural en el que se desarrolla y exigir pocos gastos de cultivo, es decir, ser mecanizable.

Como en el caso del presente Proyecto, la plantación de 77,13 hectáreas de olivar es una fuerte inversión a largo plazo, es necesario estudiarla de forma concienzuda. Pero como por otro lado, la labor de plantación es fundamental para la rentabilidad del cultivo, no buscaremos una reducción de costes de implantación a costa de poner en riesgo la calidad de la misma.

Se ha tomado el criterio tomado de dividir la finca en tres lotes para realizar plantaciones escalonadas anuales de 23, 22 y 32 hectáreas al año y pudiendo aprovechar el resto de superficie para cultivos anuales (hortalizas y/o cereal) o para barbecho, la gran inversión inicial se repartiría en tres anualidades siendo por tanto un tercio de la cantidad total lo que habría que disponer para iniciar la actividad en cada lote.

Por otro lado, en el año $n+2$ coincidiendo con la plantación del último lote (*lote 3*), ya se cosechará la plantación realizada en el año n del *lote 1*. En el año $n+3$, los *lotes 1 y 2* ya estarán en producción y en el año $n+4$, los *tres lotes* ya estarán en proceso productivo. Por tanto, a partir de este año (*año $n+4$*), los ingresos anuales obtenidos ya superarán a los gastos en la totalidad de los lotes.

2. DISEÑO DE LA PLANTACIÓN

Para alcanzar los objetivos señalados de acortar el periodo improductivo, aprovechar al máximo el medio de cultivo y mecanizar las operaciones de cultivo, es necesario un correcto diseño de la plantación.

2.1. Marco de plantación

Se ha decidido con anterioridad establecer una plantación de alta densidad y porte bajo de los árboles con formación en seto para la recolección mecánica mediante vendimiadoras adaptadas.

En concreto se habla de un marco de plantación de 4*1,5 metros y 1.670 árboles por hectárea.

2.2. Orientación

Con mucha frecuencia la disposición geométrica de la plantación suele adoptarse a la forma de la parcela y no a la orientación solar. Y tiene sentido, se optimiza el rendimiento de las labores y tratamientos estableciendo las filas según la dimensión más larga de la parcela. Es decir se prima los rendimientos de trabajo respecto a las consideraciones agronómicas. Esto ocurre habitualmente en parcelas relativamente pequeñas.

En otros casos la disposición geométrica está condicionada por otros factores que priman sobre la orientación, por ejemplo la pendiente (unas veces se opta por cultivo en curvas de nivel para evitar erosiones y otras todo lo contrario, siguiendo las líneas de máxima pendiente para facilitar la mecanización o al menos ciertas tareas...).

La orientación ideal para este tipo de plantación es norte-sur o noroeste-sureste debido a que la insolación ha de ser más uniforme en la masa vegetativa de cada uno de los árboles que si se adopta la orientación este-oeste, donde la cara sur de las filas de los árboles estará más iluminada que la norte. Además el viento dominante, el cierzo, podrá circular perfectamente por el interior de las filas, el conjunto de la plantación estará mejor ventilada y no habrá zonas con humedades relativas altas con mayor posibilidad de enfermedades criptogámicas.

La luz es la responsable de la síntesis de materia orgánica a partir del anhídrido carbónico de la atmósfera y del agua del suelo. La falta de luz provoca la alteración de procesos que influyen en la producción disminuyendo el porcentaje de yemas de flor, el cuajado de los frutos, el peso y tamaño de los frutos maduros y su contenido graso. Las flores y frutos del olivo se forman en brotes desarrollados durante el año anterior, que suelen encontrarse en la periferia de la copa, siempre que reciban la luz suficiente.

Se adopta una orientación noroeste-sureste, paralela a la autopista AP15. Se prefiere fundamentalmente, pues saliendo el sol del noreste y poniéndose en el suroeste, de este modo los dos lados de cada fila de árboles estarán exactamente igual de iluminados y soleados con lo que la vegetación y la producción estarán más equilibradas y garantizadas en mayor medida.

Además la plantación estará mejor ventilada por el cierzo dominante. Por otra parte esta orientación es ideal pues la morfología de la parcela así lo pide. Las labores y tratamientos pueden ejecutarse con un rendimiento muy alto, con surcos de entre 800 y 1.000 metros de largo aproximadamente, reduciendo los tiempos muertos en maniobras.

2.3. Diseño gráfico: Disposición del terreno

Por otro lado al diseñar la plantación se tiene que tener en cuenta otros detalles como son la distancia a los bordes de la parcela, las cabeceras o espacios amplios sin plantar en los bordes suficientes para maniobrar con holgura y sin problemas para no invadir el camino o fincas colindantes y que serán de 4 metros entre filas y los bordes paralelos y de 7 metros entre las filas y los bordes perpendiculares donde es más necesario espacio para salir o realizar maniobras con la maquinaria.

Además se dejarán caminos intermedios secundarios de 7 metros de anchura que además de para separar los tres lotes de plantación previstos, servirán para facilitar sobre todo las labores de recolección y los accesos al interior de la finca.

Así pues, como se refleja en el correspondiente plano de plantación, quedarán 3 bloques de unas 25,7 hectáreas cada uno. El bloque 1 y 2 serán los de más al norte y tendrán forma rectangular. El bloque 3 estará junto a los invernaderos multicapilla de la parcela colindante por el sur y tendrá una forma poliédrica irregular.

Este diseño gráfico debe de coincidir exactamente con el diseño gráfico de la instalación de riego y concretamente los ramales portagotosos coincidirán totalmente con las filas de árboles en número y longitud

3. REALIZACIÓN DE LA PLANTACIÓN

Describimos a continuación las operaciones, tareas y labores que hemos decidido realizar en nuestro Proyecto concreto de plantación de olivar de alta densidad y las condiciones técnicas que hemos adoptado para su ejecución. No hace falta recordar que la realización correcta de la plantación, de acuerdo con el diseño previamente elegido, asegura el rápido desarrollo de las plantas, evita la pérdida de parte de ellas y por tanto su reposición y facilita su cultivo posterior.

3.1. Preparación del terreno

En primer lugar se tiene que acometer a la preparación del terreno con objeto de que las plantas dispongan de un adecuado sistema radicular y consecuentemente los olivos tengan un satisfactorio desarrollo.

Como programa completo de preparación del terreno, en el caso de mayor complejidad, se debe acometer las siguientes labores:

- ✓ Eliminar todo resto de vegetación anterior.
- ✓ Eliminar las masas rocosas si ello es necesario.
- ✓ Nivelar la tierra si ello precisa.
- ✓ Eliminar encharcamientos por drenajes.
- ✓ Mejorar el perfil cultural por desfonde o subdsolado.
- ✓ Preparar el sistema de riego si va a ser empleado.
- ✓ Combatir parásitos del suelo.
- ✓ Realizar las labores complementarias finales antes del marqueo y plantación, para meteorizar las tierras, incrementar la flora microbiana y movilizar las reservas hídricas.

Nivelación

Para terrenos irregulares y pendientes elevadas, se aconseja generalmente cuando son superiores al 20%, proceder a su nivelación, realizada con máquinas potentes; arrobaderas, tractor con pala, buldócer, etc.

Después de realizar la nivelación, o antes si es preciso, se procede a la eliminación de restos vegetales que hayan aflorado, piedras gruesas y masas rocosas que pudieran existir, con la ayuda de los anteriores medios mecánicos.

Para nuestro caso no es necesaria esta labor pues trata de una parcela con topografía prácticamente plana.

Drenaje

Un exceso de agua en el suelo daña considerablemente a las plantas por asfixia radicular, y en casos no tan graves produce plantas débiles y endebles, cloróticas y propensas a enfermedades de las raíces.

Los drenajes pueden ser muy variados, pero siempre son costosos: zanja de desagüe abiertas o mejor rellenas con piedras o material semejante no compacto; drenes cerámicos o de plásticos enterrados, e incluso terraplenes, taludes y caballones son de su utilización.

No es necesaria ninguna aplicación de este tipo.

Desfondes y subsolados

Los desfondes o subsolados necesarios o por lo menos de conveniente realización tienen las siguientes finalidades:

- ✓ Permitir y facilitar el desarrollo de las raíces.
- ✓ Hacer más permeable el terreno al agua y al aire, hasta en las capas más profundas.
- ✓ Limpiar la tierra de raíces, piedras, larvas de insectos, etc.
- ✓ Movilizar las reservas fertilizantes.

El desfonde que mezcla las capas del suelo y el subsuelo, solamente es realizable en aquellos terrenos en que la capa arable del suelo y la profunda del subsuelo tengan sensiblemente la misma composición, o mejor todavía cuando la estructura y composición de la tierra profunda pueda corregir la capa superficial.

Cuando no se presenten las anteriores circunstancias se debe realizar el subsolado que no mezcla el suelo y subsuelo, completándolo con una labor profunda que solamente afecta al suelo.

Las labores de desfonde o subsolado se deben realizar después de la nivelación varios meses anterior a la plantación, preferentemente en verano, con profundidades mínimas de 60 centímetros llegando hasta el metro.

En nuestro caso debido a que la capa arable y profunda del suelo poseen las mismas o similares características edáficas se procede a una labor de volteo con arado de vertedera monosurco, denominada esta labor en la zona como "ondalán".

Enmiendas y abonados de fondo

La aplicación de enmiendas orgánicas o estercolado antes de la plantación elevará la fertilidad y mejorará la estructura del suelo. Esta primera incorporación de estiércol será la más efectiva por localizarse a una cierta profundidad y la más fácil de realizar por ser previa a la plantación. La cantidad de estiércol a aplicar oscilará entre 40.000 y 90.000 kg/ha dependiendo del análisis del suelo (textura, contenido en materia orgánica, pH, etc.)

El abonado de fondo también vendrá determinado por el análisis de suelo realizado, siendo imprescindible para corregir las posibles deficiencias del suelo y crear una reserva en profundidad de aquellos elementos que son menos móviles (fósforo y potasio). Al igual que el estercolado, el momento oportuno para su aplicación es al llevar a cabo el desfonde o subsolado.

Se aplicará un estercolado de fondo de 22,5 Tm de estiércol de oveja por hectárea (dado que es el tipo de enmienda orgánica que mayormente se encuentra en la zona), que se distribuirá con un remolque distribuidor arrastrado por el tractor.

Mullido

Tras la labor de desfonde la superficie suele quedar cubierta de terrones de mayor o menor tamaño, que se endurecen al secarse. La conservación de la humedad en el suelo, así como la preparación del terreno para la plantación, exige desmenuzar en lo posible tales terrones. La labor se realizará a unas profundidades de unos 20 centímetros con el suelo "a tempero" utilizando por ejemplo una grada de discos u otro tipo de gradilla. Es conveniente si el suelo se encuentra con escasa humedad realizar una labor de rodillo tras el desfonde con un posterior pase de gradilla de púas.

3.2. Instalación del sistema de riego

Antes de seguir con los trabajos de plantación conviene realizar la instalación de riego al menos de la parte enterrada (tuberías terciarias) de la red, dejando prevista en superficie las conexiones necesarias para empalmar los ramales portagotos. Y conviene también instalar el cabezal de riego con sus filtros, programadores, conexiones y dispositivos proyectados, para poder aplicar un riego de asiento a medida que se vaya realizando la plantación y se vayan teniendo y conectando los ramales portagotos.

La tubería terciaria, cuyo replanteo ya se ha indicado, se enterrará al menos 1 metro de profundidad para que no sufra ningún daño por las labores y el paso de la maquinaria. Las zanjas se abrirán con retroexcavadora alquilada y tendrán una profundidad de 1,50 m y 1 m de anchura media. En la base se colocará una cama de arena fina para que la tubería asiente perfectamente y después se tapará también con arena fina los primeros 10-15 cm para evitar que piedras o bloques de tierra apelmazada puedan golpear y deteriorar la tubería.

Antes de tapar totalmente las zanjas y de aislar el terreno, se dejarán la distancia prevista (en este caso de 4 metros) las salidas desde la tubería terciaria hasta la superficie donde posteriormente se colocarán los portagotos.

3.3. Planta a utilizar

La superficie total de la parcela es de 77,13 hectáreas. Teniendo en cuenta que la densidad de plantación proyectada es de 1.670 plantas por hectárea, el número total de árboles que hará falta para plantar toda la finca será de 128.806.

Teniendo en cuenta que la plantación se realizará en tres lotes de aproximadamente 23, 22 y 32 hectáreas cada año respectivamente, se encargará para cada año el número de plantas correspondientes a cada uno de esos lotes anuales de plantación. Tras realizar las correspondientes plantaciones debido a la presencia de las cabeceras y los caminos intermedios no se llegará a utilizar toda la planta, por lo que se podrá devolver al viverista las sobrantes, siempre que se guarde una cantidad para posibles mermas.

Utilizaremos planta procedente de autoenraizamiento por nebulización, ya que es la que mejor resultados ofrece y se han constatado mediante ensayos técnicos y por una larga experiencia.

El material vegetal debe de tener un buen sistema radical, una altura de hasta 1 metro y una edad comprendida entre 1 y 1,5 años. La planta de esa edad mantenida en las bolsas pequeñas que se utilizan en los viveros, se endurece por falta de tierra y sufre un retraso de su desarrollo en pleno campo. El plantón debe ser formado en el vivero con un solo eje, eliminando las brotaciones bajas y vigorosas. En caso contrario, el agricultor realizará dicha formación en el momento de la plantación. Las plantas atacadas por acariosis, prays, glifodes y tuberculosis deben de ser rechazadas. Se deben rechazar también las plantas sobre sustratos que puedan estar contaminados por *verticillium dahliae* kleb en el traslado del vivero a la plantación se debe proteger a los plantones de la desecación causada por altas temperaturas o por el viento y cuando se tengan que almacenar hasta el momento de plantarlas se hará al aire libre.

Al utilizar este tipo de planta lo importante es una buena preparación del terreno en toda la superficie de modo que el sistema radical no encuentre ningún obstáculo a su desarrollo. Después de eliminar la bolsa de plástico que alberga el cepellón, debe de colocarse éste de tal manera que la superficie de la tierra que viene del vivero no quede a más de 5 cm por debajo del terreno circundante. Con frecuencia, el plantón se coloca de forma que el cuello de la planta quede muy profundo (incluso más de 30 cm) y es necesario hacer aporcados sucesivos, a lo largo de 2 ó 3 años, para nivelar el terreno. Esta práctica retrasa el desarrollo del sistema radical superficial y definitivo de la planta.

Al plantar, es necesario apisonar bien la tierra para eliminar bolsas de aire y lograr un contacto eficaz entre el terreno de asiento y el cepellón de la planta de vivero, teniendo cuidado de no pisar encima del cepellón para no romper las raíces.

Antes de elegir cuál ha de ser la planta a utilizar se ha de saber que la plantación se va a realizar con una planadora semiautomática arrastrada que se acoplará a un tractor que irá abriendo un surco en el terreno y un operario dejará la planta de olivo sobre una cazoleta. El elemento distribuidor de la plantadora nos lo aloja en el fondo del surco, la tapa y finalmente apisona la zona colindante a dicho plantón. Este tipo de plantación no está diseñada para plantaciones de plantones de más de un metro de altura ni con cepellón de grandes dimensiones.

Para nuestro caso utilizaremos planta procedente de estaquilla semileñosa de autoenraizamiento por nebulización formada con un solo tronco y de una altura aproximada de 70 cm. Si es más pequeña se retrasa el desarrollo en proporción y se hace más costoso el cultivo de los 2 primeros años por la mayor dificultad en controlar la hierba.

Se trata de una planta certificada de la variedad arbequina, en concreto clon IRTA ® i18 que viene en bandejas de donde se alojan los cepellones de 7*7 cm.

3.4. Plantación

Para la plantación existen medios mecánicos que ahorran fatigas y abaratan los costes de implantación del olivar.

Es importante que las distancias entre líneas y entre plantas de una línea sean lo más uniformes posible y que las líneas de plantas queden perfectamente rectas para facilitar todos los trabajos culturales anuales. Actualmente, existen muchas nuevas tecnologías donde apoyarse para cumplir este objetivo como por ejemplo los GPS.

Para este Proyecto se realiza una plantación mediante una transplantadora semiautomática suspendida al tractor y dos filas de trabajo. El modo en el que se basa el equipo, con el fin de plantar todas las filas derechas es por el guiado asistido por GPS que lleva acoplado el propio tractor.

Al plantar, es necesario apisonar bien la tierra para eliminar bolsas de aire y lograr un contacto eficaz entre el terreno de asiento y el cepellón de la planta de vivero, teniendo en cuenta de no pisar encima del cepellón para no romper las raíces. En nuestro caso esta labor está asegurada mediante las ruedas apretadoras. Se tratan de dos ruedas metálicas que forman un ligero ángulo con la vertical, se encuentran en la parte posterior del abresurcos de la plantadora y tienen como misión apretar la zona lateral donde se ha implantado el plantón.

También es necesario dar un riego después de plantar para facilitar la unión del cepellón y el terreno de asiento y evitar que la planta consuma todo el agua del cepellón y padezca situaciones de sequía aunque el terreno colindante tenga humedad. Si se realiza una plantación en primavera y aún más concreto si se hace tarde (mayo), se tendrá que realizar no solo el riego de asiento, sino periódicos y dosificados para cubrir las necesidades hídricas del olivar siguiendo las pautas y las estrategias que se estudian en el Anejo 5 de riego.

Aunque un plantón con cepellón se puede plantar en cualquier época del año, si se aporta agua y los cuidados necesarios, los mejores resultados se obtienen plantando en otoño cuando no hay riesgo de helada o en primavera si existe riesgo de daños por fríos invernales. En las plantaciones en otoño puede haber algún crecimiento antes de los fríos de invierno, lo que produce un ligero adelanto sobre las plantadas en primavera. Conociendo que nos encontramos en el límite septentrional del cultivo del olivo y que se cuenta con la variedad arbequina, con una resistencia relativa al frío en nuestra zona tratándose de plantas o ramas jóvenes, se realizan las plantaciones en la primavera de cada uno de los tres años en los que se completará el total de la finca.

3.5. Entutorado y espalderas

El tronco de los plantones es delgado y flexible. Y para su formación en eje central que permita una correcta mecanización, debe mantenerse en posición vertical, para lo cual es imprescindible el entutorado.

El tutor debe ser lo suficientemente fuerte como para impedir durante los dos primeros años, que el tronco se mueva por efecto de los vientos y del peso de su propia copa. El tutor debe tener una altura suficiente para enterrar 40 cm como mínimo, con el objeto de ofrecer un soporte eficaz a la planta y sobresalir hasta la altura donde se vaya a formar la cruz (100-120 cm). Si el tutor es de madera debe tener al menos 5 cm de diámetro para ofrecer resistencia y ser protegido contra la humedad mediante un tratamiento apropiado para que dure 3 años al menos sin pudrirse.

Cualquier tipo de tutor tiene el inconveniente de tener aristas cortantes que pueden crear heridas a la planta, por lo que es necesario protegerla de los rozamientos. Para ello se debe inmovilizar el tronco con un número suficiente de ataduras con materiales suficientemente gruesos y flexibles hasta la altura de la cruz evitando estrangulamientos.

La vigilancia frecuente de las ataduras es necesaria para corregir posiciones defectuosas de las plantas y evitar posibles estrangulamientos.

Los tutores se deben colocar orientados hacia el viento dominante de tal modo que estos no empujen al olivo contra el tutor para evitar rozaduras del tronco.

Se elige para nuestra plantación tutores de bambú frente a los de varillas de hierro utilizados en construcción, debido a su origen natural, alta resistencia y flexibilidad y bajo coste. En concreto se utilizarán tutores con punta de una altura de 180 cm y un diámetro de unos 14-16 mm.

Se introducirán en el suelo a una profundidad de 40 cm y se apoyarán en una espaldera compuesta por piquetes fuertes bien clavados en el terreno, que sostienen un alambre alto a 120 cm del suelo, tensado, al que se le sujetan firmemente el tutor de bambú.

De esta forma el tutor tiene dos puntos de sujeción, el suelo y el alambre y soporta perfectamente esfuerzos laterales sin inclinarse.

La espaldera de apoyo se colocará a continuación de la plantación para proceder al entutorado lo antes posible, antes de que los plantones se doblen y adquieran vicios en su forma. Para su formación se utilizan postes metálicos galvanizados del tipo de los usados en viñedo.

Se utilizan dos tipos de poste de acero galvanizado:

- ✓ Los intermedios con forma de omega y ranuras para encajar los alambres. Serán de 180 cm de longitud y 1,5 mm de espesor. Se clavarán 40 cm utilizando una máquina clavadora acoplada al tractor alquilada.
- ✓ Los de los cabeceros son más fuertes y se colocan en los extremos de la espaldera clavados 50 cm en el suelo de forma inclinada (15 grados). Son de 2 m de longitud y 2 mm de espesor con forma de omega y perforaciones para sujetar los tensores y los alambres.

Además se necesitará:

- ✓ Alambre de acero galvanizado de 2,1 mm de diámetro. Se colocará un alambre en la espaldera a una altura de 1,2 m del suelo sobre el que se sujetarán los tutores. Este alambre soportará los esfuerzos sobre los tutores y la vegetación durante los primeros años hasta que los troncos de los árboles adquieran un grosor suficiente.
- ✓ Anclajes de tipo hélice y 2,2 m de espesor de acero galvanizado para afianzar los postes extremos que se colocarán a una profundidad mínima de 30 cm y a unos 80-90 cm del porte del cabecero al que se unirán en su parte superior mediante alambres galvanizados.
- ✓ Tensores en los extremos de los alambres para mantener la tensión de los alambres.

La disposición de la espaldera en relación con los olivos de la plantación merece también alguna atención. En primer lugar, tendrá que ir exactamente en la misma alineación que la fila de árboles y será de su misma longitud, y por tanto la mayor será de 216 m.

El primero y último olivo de cada fila estará ubicado entre el poste cabecero y el anclaje, para que resulte protegido y a la vez facilite la mecanización, especialmente la recolección. Estos olivos extremos también tendrán tutor, que en este caso no se fijará al alambre horizontal de la espaldera sino al del anclaje, a la altura que coincida.

Hay que tener en cuenta que los olivos jóvenes tienen una corteza blanda y apetecible para los roedores o conejos que pueden causar la muerte de numerosas plantas en los primeros años de la plantación. Por ello se ha generalizado el uso de protectores de troncos, consistentes en cilindros de diversos materiales que, rodeando el tronco hasta una altura de 50 cm, impiden que los conejos y otros roedores accedan a ellos. Al mismo tiempo este protector puede ser una excepcional barrera para que no se de contacto de la planta con algún herbicida que se pueda aplicar en el cordón de los olivos las primeras campañas de la plantación. Además el propio protector puede proteger hasta un cierto punto de las heladas al pequeño plantón ya que la acumulación de frío dentro de ese protector donde se encuentra la planta es menor que en el exterior.

Se elige el protector Tubex Envolvente Dc. Se trata de un protector extensible de doble capa que recupera su forma tubular una vez colocado sobre el tronco de la planta. Protege de herbicidas, roedores y rozamientos. Además tiene la ventaja de crear un microclima en su interior protegiendo así a la planta de las posibles heladas. Posee una altura de 50 cm y un diámetro de 65 mm expandible hasta los 85 mm. Su material de fabricación es polipropileno con estabilizador de radiación UV.

3.6. Cuidados y operaciones tras la plantación

Lo más importante es vigilar sistemáticamente la posible aparición de plagas y enfermedades y si es necesario intervenir rápidamente para controlarlas (se estudia en el Anejo 9 de protección de cultivo). Hay que estar especialmente atento a los ataques de prays, glifoides, acariosis, abichado (*Euzophera pinguis*) que pueden comprometer seriamente la plantación. Sin olvidar otros ataques no específicos como ratones o conejos, abundantes en la zona del presente Proyecto, los cuales ya se ha prevenido con el uso de protectores.

También es importante controlar el estado de humedad del suelo y aplicar riegos cuando sean necesarios, especialmente a partir de la primavera y en el verano.

Habrá que repasar y controlar periódicamente el entutorado revisando, aumentando, eliminando, reponiendo ataduras para que el árbol se mantenga vertical y sin heridas.

Será necesario también algún repaso de poda de formación tal como se describe en su anejo correspondiente. El primer año serán suficientes dos o tres repasos a partir del verano para eliminar las varetas verticales que salgan de la cepa, rebajar las ramas demasiado vigorosas que desequilibran el  rbol. No se realizará de un modo drástico, sino escalonadamente, comenzando por las ramitas más vigorosas y con tendencia a la verticalidad.

También habrá que realizar un control de las malas hierbas. En las calles se realizarán algunas labores ligeras de cultivador. Si en la zona de la fila de los olivos se encuentra prácticamente libre de malas hierbas o existen pero en zonas muy puntuales, se realizará un repaso con azada. Si las malas hierbas predominan en esta zona se realizará un tratamiento con algún herbicida específico al problema utilizando mochila. Aunque las plantas del olivo se encuentran con protector se debe de tener mucho cuidado en su aplicación prefiriendo realizar esta labor en días sin viento y utilizando campana en la boquilla de aplicación.

ANEJO 5 RIEGO PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de riego de la plantación del olivar objeto del presente Proyecto y la de cualquier otro tipo de plantación hay que afrontarlo desde dos puntos de vista:

Por un lado hay que hacer un estudio agronómico que permita, en primer lugar conocer las necesidades hídricas del olivo y en segundo lugar establecer la estrategia o programa de riego para cada tipo de suelo que pueda haber en las diferentes zonas de la finca.

Posteriormente habrá que desarrollar el diseño hidráulico que sea técnicamente capaz de aplicar ese programa de riegos, es decir, que permita satisfacer las necesidades de riego para cada sector en el mes de máximo consumo incluso en años climatológicamente adversos.

2. ESTUDIO AGRONÓMICO DEL RIEGO

2.1. Necesidades hídricas del cultivo

Todos los cultivos producen biomasa mediante la fotosíntesis. Es decir la superficie verde utilizando la radiación solar, el CO₂ de la atmósfera, los nutrientes minerales y el agua produce materia orgánica.

El agua tiene un papel fundamental: forma parte de la masa vegetal, sirve de vehículo de transporte de los minerales disueltos, regula la temperatura de la planta... y en una proporción importante pasa a la atmósfera a través de los estomas. Esta pérdida de agua desde la planta hacia la atmósfera es imprescindible en el proceso de fotosíntesis o asimilación. Se conoce como transpiración y está en función de un gradiente de presión de vapor a su vez influido por la temperatura ambiente, humedad relativa, viento...

Si una planta o un cultivo no dispone de toda el agua que necesita en definitiva, si sufre un déficit hídrico, se produce una reducción de la asimilación y por tanto una disminución de la producción potencial.

Si queremos alcanzar la máxima producción debemos garantizar que el suelo dispone de agua suficiente para que el cultivo pueda extraer toda la que necesite. Pero además, el suelo pierde agua por evaporación directa a la atmósfera.

Se llama evapotranspiración (máxima) de un cultivo (Etc), a la cantidad de agua que extraería ese determinado cultivo si dispusiera de ella sin limitación más la cantidad de agua que se evapora directamente de la superficie del suelo. Es decir la Etc equivale a la cantidad total de agua que necesitaría un cultivo para una producción máxima. En una palabra la Etc representa las necesidades hídricas máximas de un cultivo.

Existen varios métodos de cálculo de la Etc, pero uno ampliamente aceptado es el recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977) que establece

$$Etc = Eto * Kc * Kr$$

Siendo

Eto = Evapotranspiración potencial o de referencia

Kc = Coeficiente de cultivo

Kr = Coeficiente de estado de desarrollo del cultivo

2.2. Cálculo de la evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial viene a significar la demanda evaporativa de la atmósfera en un determinado lugar de la Tierra y su valor corresponde a la evapotranspiración de una pradera de gramíneas sanas de 8-10 cm de alta que se desarrolla cubriendo todo el suelo y sin limitaciones de agua ni nutrientes.

Se puede calcular a partir de los datos climáticos de cada zona mediante fórmulas empíricas propuesta por diversos autores: Papadakis, Thonrwaitl Blanney-Criddle, Periman-FAO y Hargreavers.

Por su sencillez y fiabilidad se opta por la expresión de Blanney-Criddle:

Se calcula (*ver Cuadro 2.2.1. Evapotranspiración portencial*),

$$Eto = p / \Sigma p (45,72 * t + 812,8)$$

Donde:

p=insolación media mensual (medida en horas mensuales de sol) de la estación meteorológica de Bardenas El Yugo del Gobierno de Navarra por ser la estación automática más próxima a la finca objeto del presente Proyecto con datos disponibles (*Ver Cuadro 2.2.2. Horas mensuales de sol*)

Σp =horas medias de sol anuales.

t=temperatura media mensual.

Cuadro 2.2.2.- Horas mensuales de sol de la ESTACIÓN METEOROLÓGICA VIRGEN DEL YUGO (es la más próxima con datos reales)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	Total
1998	137	171	246	228	243	--	374	338	231	217	184	156	2525
1999	162	173	242	254	265	328	346	321	233	194	162	160	2840
2000	149	189	183	--	216	318	313	318	265	182	131	110	2374
2001	119	196	176	260	295	345	313	282	251	192	170	142	2741
2002	112	152	213	256	248	312	327	254	245	183	135	105	2542
2003	137	140	239	242	291	325	367	300	221	143	143	98	2646
2004	138	139	220	235	286	351	344	271	246	176	155	114	2675
2005	135	186	258	208	265	325	376	307	259	169	128	139	2755
2006	119	176	191	260	291	309	346	317	222	170	123	128	2652
2007	150	154	207	213	272	290	339	294	265	225	219	144	2772
2008	162	163	203	235	201	307	348	322	245	182	159	105	2632
2009	122	178	257	231	310	301	373	327	261	223	139	125	2847
2010	124	124	202	249	275	268	362	321	241	205	140	139	2650
2011	127	180	186	268	302	313	328	318	271	239	109	136	2777
2012	173	225	283	171	295	320	367	324	251	184	137	149	2879
2013	163	146	169	229	222	300	326	320	269	198	148	136	2626
media	139	168	217	236	267	314	347	308	249	193	149	130	2718

Cuadro 2.2.1.- Evapotranspiración potencial (mm/mes)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic
p	139	168	217	236	267	314	347	308	249	193	149	130
t	5,1	6,4	9,8	12,5	16,5	20,7	22,3	21,8	18,5	14,2	9,5	5,5
Eto (mm/mes)	53,6	68,5	100,7	120,1	154,0	203,5	233,9	205,2	151,7	103,5	68,4	51,0

2.3. Cálculo de la evapotranspiración real del olivo

Una vez conocida la evapotranspiración potencial Eto expresada en mm/mes, para calcular la evapotranspiración del cultivo concreto debemos utilizar el coeficiente de cultivo Kc y el coeficiente de estado de desarrollo del cultivo Kr.

El coeficiente de cultivo, expresa la relación entre la evapotranspiración de un cultivo que cubre completamente el suelo y la Eto y debe ser determinado experimentalmente. El valor de Kc para la mayoría de los cultivos herbáceos es ligeramente superior a 1 lo que indica que consumen más agua que una pradera, y es casi independiente de las condiciones ambientales de cada zona particular.

Existen y se utilizan valores de Kc determinados experimentalmente en diversos lugares, para la mayoría de los cultivos pero para el cultivo del olivo no se dispone de muchas experiencias ni valores de Kc.

En esta cuestión, como en otras varias, nos dejaremos guiar por lo expuesto en "El cultivo del Olivar" editado por el Departamento de Agronomía de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba en el que han participado como autores casi cuarenta científicos y técnicos de primera línea especialistas en olivicultura en sus diversos aspectos. Nos parece una fuente de plena garantía.

Según los autores citados, los coeficientes de consumo para el olivo pueden ser:

Localidad	Kc
Córdoba (no publicado, F. Orgaz)	0,45-0,65
Creta (Grecia) (Michelakis,1994)	0,6-0,75
California (Goldhamer,1994)	0,55-0,65
California (Beed y Goldhamer,1994)	0,75

Según estos datos de Kc, indican, por un lado que el olivar consume una cantidad de agua sensiblemente inferior a la de la mayoría de los cultivos herbáceos de regadío; y por otro, que el Kc del olivar, no es constante a lo largo del año. Además, al tratarse de una especie de hoja perenne, será aplicada en todos los meses del año, porque el árbol evapotranspira durante todo el año.

Se sabe además, que esta Kc que ronda entre 0,45 y 0,65, es la óptima para la producción de aceite, mientras que unas Kc más altas, del 0,70 al 0,75 producirían un máximo desarrollo vegetativo.

Por lo tanto, puede deducirse un coeficiente de cultivo alrededor de 0,60 aunque este valor varía en función de la época del año, siendo menor en los meses de primavera y otoño que en los meses de verano.

Tomamos los siguientes datos de Kc:

	Enero	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Kc	0,20	0,20	0,30	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,55	0,40	0,20	0,20

Pero por otra parte que la ETc de un olivar intensivo y adulto, con un elevado volumen de copa que cubra la mayor parte de la superficie del suelo, es superior a la de un olivar tradicional con un amplio marco de plantación o un olivar joven en formación. Este aspecto, del estado de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa) en la ETc, es contemplado por el coeficiente Kr.

Determinamos este coeficiente según la relación de Fereres et al. (1981) encontraron para el almendro:

$$Kr = 2 * Sc/100$$

Donde Sc (Superficie cubierta) es el porcentaje de suelo sombreado. Como Kr no puede ser mayor que 1, esta fórmula solo puede utilizarse para valores de Sc inferiores a 50%.

En el presente Proyecto, considerando que el marco de plantación es de 4*1,5 metros, que sobre la longitud de cada fila la masa arbórea es continua y con una anchura aproximada de 1,2 a 1,3 metros en pleno desarrollo, el suelo sombreado por la superficie supondría entre el 25 al 35% aproximadamente. So toma un valor de superficie cubierta del 30%, por lo tanto la Kr que se utiliza es de 0,6.

$$Etc=Eto*Kc*Kr$$

Resultan los siguientes valores:

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	
Eto	53,63	68,48	100,7	120,13	153,96	203,514	233,924	205,16	151,7	103,5	68,42	50,976	
Kc	0,2	0,2	0,3	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,55	0,4	0,2	0,2	
Kr	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	Total
Etc (mm/mes)	6,4	8,2	18,1	32,4	50,8	67,2	91,2	80,0	50,1	24,8	8,2	6,1	443,7

Resulta pues una evapotranspiración para el cultivo del olivo de alta densidad (4*1,5 m) y en pleno desarrollo y para un año de temperatura y pluviometría media, de nuestra zona de 443,7 mm o lo que es casi igual a 4.500 m3/ha y año.

Por supuesto, es un valor teórico calculado por aplicación de fórmulas empíricas, pero que parece razonablemente aceptable puesto que es menor que los 5.880 m3/ha y año que obtienen los autores para un olivar en Córdoba (cuyas temperaturas son superiores a las de esta zona).

Así pues y como conclusión parcial nos parece que es bastante lógico y razonable aceptar un valor de evapotranspiración real de 4.500 m3/ha y año para olivar de alta densidad en la zona de estudio. Para estar más hacia el lado de la seguridad finalmente se opta por tomar un valor de 4.800 m3/ha y año.

2.4. Cálculo de las necesidades de riego

Las necesidades de riego netas se definen como la cantidad de agua que la planta necesita pero no la que nosotros deberemos aportar, porque se debe de tener en cuenta las precipitaciones. Las necesidades de riego serán aquellas que consigan evitar que el cultivo sufra una situación de estrés hídrico durante un prolongado período de tiempo.

El cálculo de estas necesidades se basa en la evapotranspiración del cultivo, pero existen otros factores de gran importancia por lo que las necesidades hídricas se calculan en base al balance hídrico del sistema suelo-planta.

Un balance hídrico completo vendría expresado por:

$$NRn = ETc - Pe \pm (\theta_i - \theta_{i-1}) \pm E \pm D$$

Donde

NRn=necesidades de riego netas

ETc=evapotranspiración del cultivo

Pe=precipitación efectiva

($\theta_i - \theta_{i-1}$)=variación del contenido de agua en el suelo

E=escorrentía

D=percolación o drenaje, también aportaciones por aguas subterráneas

Para el cálculo de las situaciones normales, el balance se simplifica considerando que la escorrentía efluente y la afluente son iguales (por tratarse de una finca con topografía plana, $E=0$), y que la aportación efectiva de las aguas subterráneas es despreciable ($+D=0$). Por tanto la expresión del balance hídrico se reduce a:

$$NRn = ETc - Pe \pm (\theta_i - \theta_{i-1}) - D$$

Por otro lado hay que tener en cuenta también que el riego no es eficaz al 100%, sino que siempre habrá una serie de pérdidas debida al sistema de aplicación de agua (gravedad, aspersión o goteo), a efectos del manejo y explotación del agua y de los sistemas de aplicación, etc que reducirán su eficiencia. En situaciones normales de riego se suele atribuir las siguientes eficiencias estándar: goteo=0,9; aspersión=0,7 y gravedad=0,5, si bien en este último caso pueden ser variables. Las necesidades brutas de riego (NRb) que dependen de la eficiencia de riego (Ea) vienen dadas por la expresión:

$$NRb = NRn / Ea$$

En nuestro Proyecto es riego por goteo, por tanto la expresión quedaría:

$$NRb = NRn / 0,9$$

Balance hídrico

El balance consiste en aplicar las fórmulas que se han visto en el apartado anterior.

A continuación se analiza la forma de manejar los componentes del balance

ETc

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	Total año
Etc	6,4	8,2	18,1	32,4	50,8	67,2	91,2	80,0	50,1	24,8	8,2	6,1	443,7

Lluvia efectiva

La cantidad de lluvia que recibe y aprovecha el suelo agrícola determinado, se obtiene a partir de los datos climáticos de una estación, pero es necesario corregir estos datos, siempre a la baja, en base al concepto de lluvia efectiva.

Se define como lluvia efectiva el agua de lluvia que queda almacenada en la rizosfera y es fácilmente utilizable por el cultivo. Para calcularla habría que sustraer de la lluvia registrada en los pluviómetros aquella que se pierde por evaporación, por escorrentía o percolación. Los factores que influyen en este cálculo serán la intensidad de lluvia, la duración de la misma, la época del año, las características del suelo y de la cubierta vegetal, y los parámetros que afectan a la evaporación (radiación, temperatura, viento, etc.).

Como se puede imaginar el cálculo de la lluvia efectiva es complicado y las generalidades que se intentan aplicar para su cálculo no suelen ser muy fiables.

Para calcular las necesidades hídricas del olivo, en este Proyecto, la precipitación efectiva (Pe) se calcula mediante el método del Servicio de Conservación de Suelos del Ministerio de Agricultura de los EE.UU.

$$Pe = Fct (1.25 P^{0.824} - 2.93)^{0.000955 ETc}$$

donde P es la precipitación mensual del mes y año en cuestión (mm mes⁻¹); ETc es la evapotranspiración de cultivo (mm mes⁻¹) correspondiente calculada anteriormente; y Fct es un factor que depende de la altura de agua del suelo consumida entre dos riegos consecutivos.

Debido a que la altura de agua consumida entre dos riegos consecutivos depende del tipo de suelo y de la respuesta de cada cultivo, se decide en este trabajo usar el valor de $Fct = 1.0$

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones obtenemos la siguiente serie de valores de la precipitación efectiva en mm (Pe) en la zona:

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agt	spt	oct	nov	dic	Total
Pe	14,19	14,78	21,26	32,80	30,49	17,19	7,81	13,06	22,91	28,24	22,66	14,35	239,8

Variación del agua almacenada en la rizosfera efectiva del suelo: Reserva de agua

La planta va a absorber el agua del suelo de la zona que esté en contacto con las raíces. A esta agua almacenada en el suelo y disponible para la planta se la denomina reserva del suelo. Hay que considerar dos aspectos fundamentales a la hora de conocer la reserva máxima de un suelo: la capacidad del suelo para almacenar agua y las características radicales del cultivo.

En primer lugar existen varias características del suelo que definen su reserva máxima (profundidad, distribución de horizontes, textura, estructura, etc.).

En los balances hídricos se obtiene la reserva de suelo a partir de los conocidos conceptos de:

- ✓ Capacidad de Campo (CC): contenido de humedad a 10 kPa (suelos de textura fina) y 33 kPa (suelos textura gruesa). Es el agua que queda en un suelo después de que el agua gravitacional haya sido drenada. Los microporos siguen tienen agua fácilmente disponible para la planta.
- ✓ Punto de Marchitez (PM): contenido de humedad a 1.500 kPa. Por debajo de este valor la planta no puede extraer el agua del suelo y se marchita.

En segundo lugar las características del sistema radical de los cultivos son difíciles de estudiar, por lo que en muchas ocasiones es difícil o imposible tomar datos al respecto. Los aspectos más importantes son:

- ✓ Profundidad de las raíces: hay que acudir a literatura para obtener los datos. Si existe alguna característica del suelo que limite esta profundidad habrá que tenerla en cuenta.
- ✓ Capacidad de extraer agua del sistema radicular: Casi ningún cultivo puede extraer agua hasta el nivel de punto de marchitez, solamente las plantas como la cebada y girasol son capaces de ello.

Por otro lado, ningún cultivo se maneja con criterios de agotamiento máximos del nivel de agua en el suelo debido a que si a los cultivos se les somete a moderados niveles de estrés hídrico responden con reducciones más o menos importantes en la producción final.

Existe pues un nivel de agotamiento de la reserva del suelo que puede calificarse como no estresante para el cultivo: a este valor se le llama nivel de agotamiento permisible y se abrevia como NAP. Este nivel suele ser todavía menor en la fase crítica del cultivo, esto es en las fases de máximo crecimiento, en floración o en inicio de formación del fruto, a este segundo valor se le denomina NAP crítico (NAPc).

- ✓ Desarrollo de las raíces: A medida que la planta se desarrolla las raíces van profundizando. Es importante considerar este aspecto para establecer el calendario de riegos.

En suelos aptos para regadío el valor de NAP se encontrará entre CC y PM, casi siempre más cercano a los valores del primero que al del segundo. El agua que supere la CC se perderá por drenaje. El drenaje supone una pérdida de agua disponible para las plantas y suele llevar asociado el arrastre de nutrientes y en algunos casos contaminantes; y en suelos con problemas de salinidad, actúa como un lavado de sales. Debido a esto, en una programación de riegos se intentarán mantener al mínimo las pérdidas de agua por drenaje.

En los balances hídricos se parte de un valor de reserva de agua en el suelo. Este valor se puede conocer a través de un tensiómetro, pero normalmente la reserva del suelo suele ser un valor desconocido y se suele optar por alguna de las siguientes soluciones:

- ✓ Comenzar el balance a la salida del invierno (febrero) y asumir que la reserva de agua en el suelo es la máxima debida a la recarga de lluvias y al bajo consumo del cultivo durante este periodo.
- ✓ Para zonas con inviernos secos, siempre que no se haya regado los dos meses anteriores se puede optar por asumir que la reserva es igual a cero al final del verano (inicio de octubre).

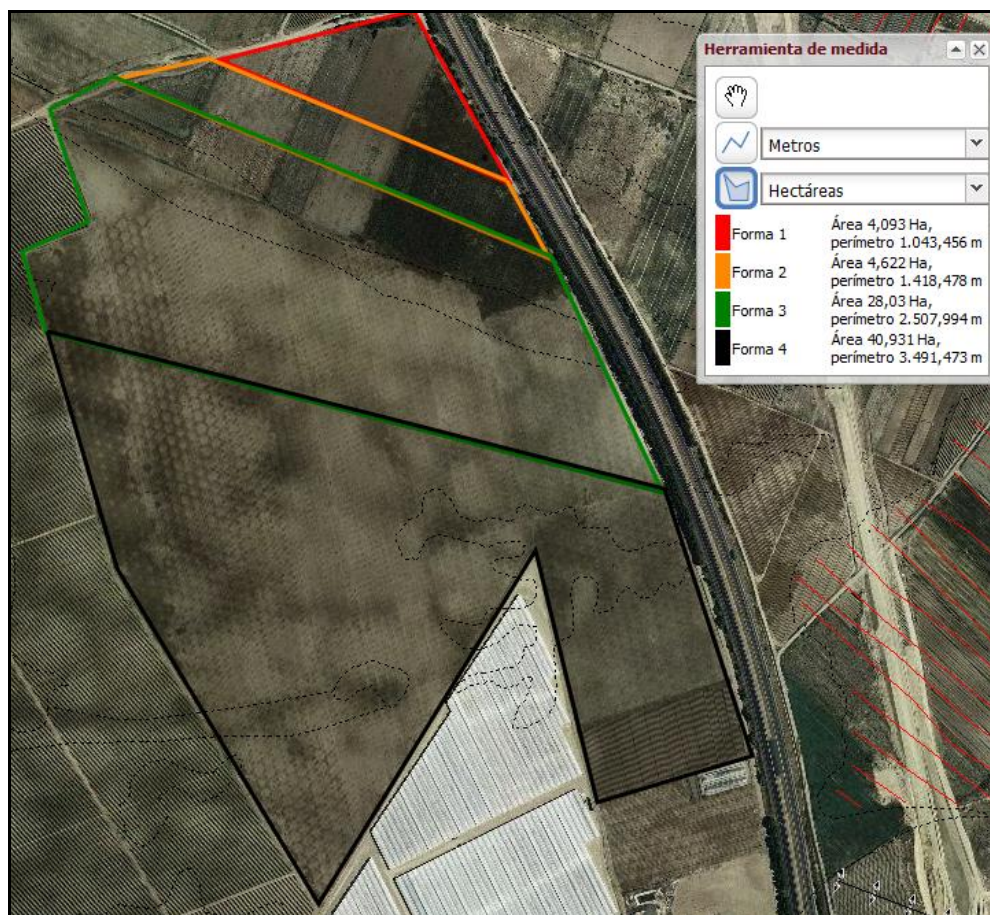
Como importante observación hay que dejar claro que el presente Proyecto es una simulación y a su vez, un boceto o guía de los pasos a seguir a la hora de realizar una plantación real de cualquier tipo de cultivo en cualquier tipo de parcela. Por tanto no se ha realizado una analítica del suelo en las parcelas elegidas sino que se han estudiado y tomado como referencia los valores de otras muestras de zonas y parcelas similares y cercanas.

Consideraciones que se tienen en cuenta a la hora de redactar el presente Proyecto:

- ✓ Se considera un valor de 100 centímetros para la profundidad a la que las raíces de un olivo adulto absorben agua.
- ✓ Como se ha comentado anteriormente, se ha tomado la decisión de realizar 77 calicatas (una por cada hectárea de parcela) para definir los diferentes horizontes que se puedan dar y un total de 10 muestras dependiendo de la superficie ocupada por cada una de las cuatro zonas diferenciadas de la finca (1 de la zona 1, 2 de la zona 2, 3 de la zona 3 y 4 de la zona 4) de suelo.

De las calicatas realizadas en cada una de las zonas se cogen muestras, se mezclan y se analizan resultando los siguientes porcentajes texturales medios por horizonte:

zona	Prof (cm)	Horiz	OM (%)	S (‰)	C(‰)	Textura
1	0,5	1.1	1,4	0,6869	0,1018	Franco arenosa
1	0,7	1.2	0,9	0,5354	0,1146	
1	0,4	1.3	0,0	0,7142	0,0978	
2	0,35	2.1	1,9	0,4696	0,2046	Franca
2	0,7	2.2	1,2	0,4211	0,2146	
2	0,4	2.3	0,0	0,3486	0,1981	
3	0,6	3.1	1,5	0,6685	0,1123	Franco arenosa
3	0,5	3.2	0,7	0,7564	0,1045	
3	0,4	3.3	0,0	0,5821	0,1274	
4	0,4	4.1	1,8	0,3911	0,2327	Franca limosa
4	0,6	4.2	1,1	0,2147	0,2416	
4	0,5	4.3	0,0	0,3057	0,2295	



Para el cálculo capacidad de retención de agua del suelo o mejor dicho de los diferentes tipos de suelo como se ha visto, se utilizan las fórmulas de Saxton & Rawls.

La capacidad de retención de agua es en definitiva el agua útil (AU) y ésta para el cultivo se obtiene por diferencia entre CC y PMP:

$$AU=CC-PMP \text{ (en mm)}$$

$$CC=\theta_{33}=\theta_{33t}=[1,283(\theta_{33t})^2-0,374(\theta_{33t})-0,015]$$

$$PMP=\theta_{1500}=\theta_{1500t}+(0,14*\theta_{1500t}-0,02)$$

donde

$$\theta_{33t}=-0,251S+0,195C+0,011OM+0,006(S*OM)-0,027(C*OM)+0,452(S*C)+0,299$$

$$\theta_{1500t}=-0,024S+0,487C+0,006OM+0,005(S*OM)-0,013(C*OM)+0,068(S*C)+0,031$$

$$C=\% \text{ arcilla}$$

$$OM=\% \text{ material orgánica}$$

$$S=\% \text{ arena}$$

Tras el análisis realizado de los datos obtenidos según las fórmulas de Saxton & Rawls de las 77 calicatas realizadas en la superficie total de la finca en los diferentes horizontes, se decide que las 4 zonas diferenciadas según el tipo de suelo del que están compuestas cada una, podrían subdividirse en subzonas o sectores de riego de la siguiente manera, según se indica en la siguiente tabla:

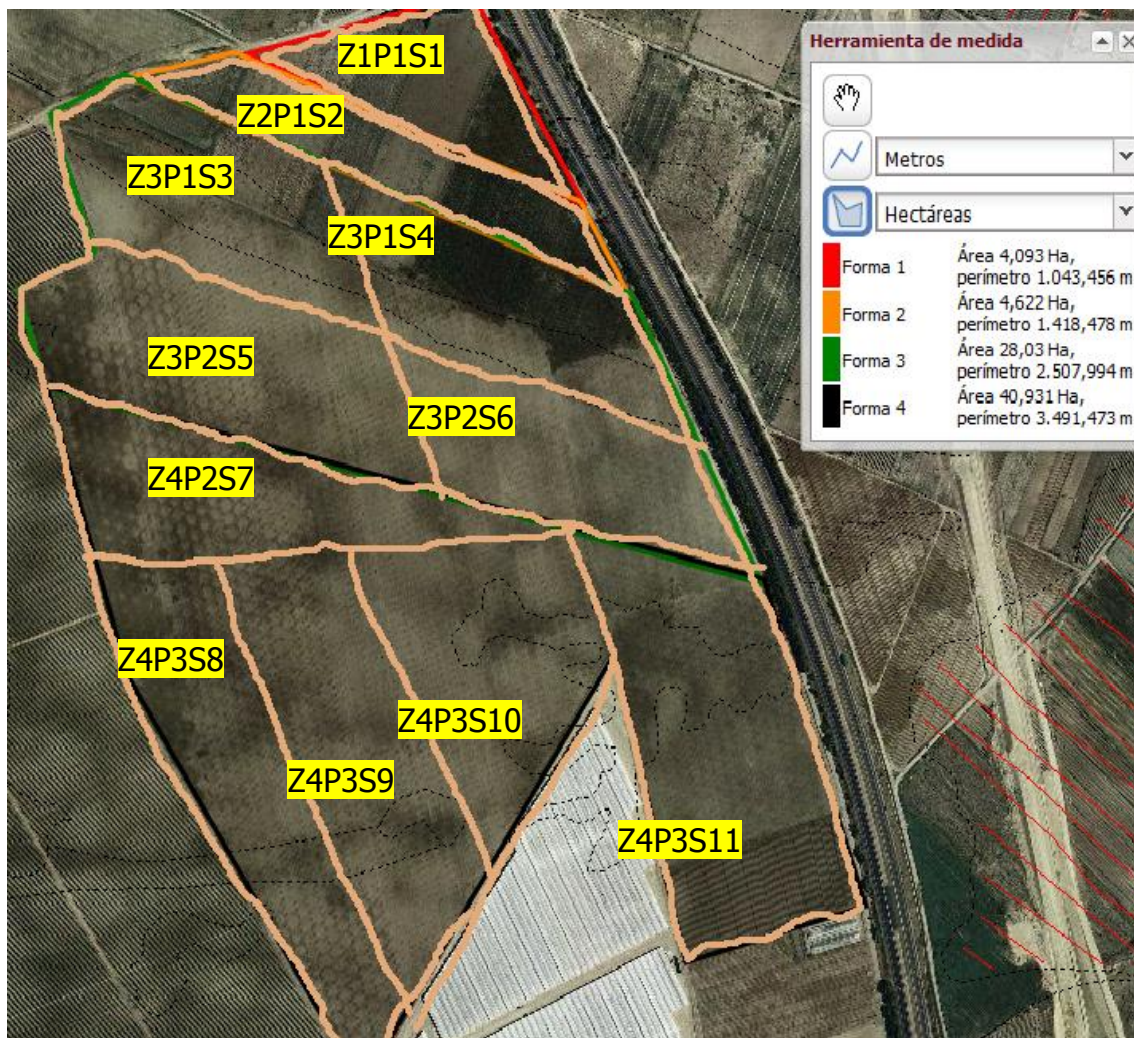
Zona	Sup. Total (ha)	Nº Sector	Sup. Sector (ha)	Prof media (m)	Agua útil (l/m2)	Agotamiento permisible (2/3)	Lote plantación
1	4	1	4	1,61	152,25	102	L1
2	5	2	5	1,49	194,8	130,5	L1
3	28	3	7	1,57	150,7	101	L1
		4	7	1,58	151,2	101,3	L1
		5	7	1,47	120,35	80,6	L2
		6	7	1,49	121,28	81,3	L2
4	40	7	8	1,54	233,27	156,3	L2
		8	8	1,52	231,82	155,3	L3
		9	8	1,53	233,21	156,3	L3
		10	8	1,54	233,59	156,5	L3
		11	8	1,4	199,94	134	L3
Total	77		77				

Con estos datos se tiene una orientación más o menos cierta de la capacidad de retención de agua que tiene la finca en sus diferentes zonas según los tipos de suelos encontrados en el total de las 77 hectáreas de superficie.

Apoyándonos en estas zonas claramente diferenciadas calcularemos y proyectaremos el diseño técnico de la instalación de riego dividiéndola en sectores de riego según necesidades previsibles de agua, teniendo en cuenta la evapotranspiración del cultivo, sus necesidades hídricas y todo lo comentado anteriormente; y aprovechando del mismo modo estos sectores de riego para hacer los lotes de plantación anuales quedando la superficie total de la finca dividida de la siguiente manera:

- ✓ Lote 1 (plantación año 1). 23 hectáreas
- ✓ Lote 2 (plantación año 2). 22 hectáreas
- ✓ Lote 3 (plantación año 3). 32 hectáreas

En la siguiente imagen se muestra un croquis de cómo quedaría la finca en cuanto a sectores de riego y lotes de plantación



Z. Número de zona según tipo de suelo

P. Número de lote de plantación

S. Número de sector de riego

**ANEJO 6 MANTENIMIENTO DEL
SUELO
PROYECTO**

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

En los últimos años ha existido una gran controversia sobre cuál es el sistema más idóneo de cultivo en olivar. Mientras que existen defensores a ultranza de las técnicas de no-laboreo, muchos olivareros siguen labrando el olivar en la forma en que lo han hecho durante años.

Se cree pues que no existe un sistema de cultivo mejor que los demás en todas las situaciones, sino que para cada tipo de suelo, pluviometría, topografía del terreno, las recomendaciones pueden ser diferentes. Incluso en una determinada explotación puede ser recomendable la aplicación de más de un sistema de cultivo, en función de las peculiares características de las parcelas, o ser necesario combinar entre si alguno de los diferentes sistemas, utilizando métodos mixtos de cultivo tales como el semilaboreo, laboreo de bandas, enyerbado en las calles, suelo desnudo bajo la copa, etc.

En este Anejo se estudiarán todas las características de la plantación, para decidir el sistema de manejo del suelo más apropiado.

En olivicultura el agua es el factor que en mayor medida limita las producciones, y la lluvia es la aportación de agua más importante para el cultivo. En la climatología mediterránea se distinguen dos periodos claramente diferenciados, una estación húmeda, otoño-invierno, en la que se produce entre el 70 y 80% de la pluviometría total anual; y una estación seca, junio-septiembre, en la que las lluvias son prácticamente inexistentes, por lo que en ningún caso cubren la demanda del cultivo. En esta situación, el olivo satisface buena parte de sus necesidades utilizando el agua almacenada en el suelo durante la estación húmeda, época caracterizada por una baja demanda, ya que las bajas temperaturas limitan el desarrollo vegetativo del cultivo.

Por estas razones, en la olivicultura de secano la correcta elección del sistema de cultivo tiene una gran importancia, ya que pequeños aumentos en las cantidades de agua almacenada en el suelo pueden traducirse en importantes aumentos de producción.

La erosión es uno de los grandes problemas de la olivicultura mediterránea, siendo la mitad meridional de la Península Ibérica una de las zonas más afectadas. Es el olivar uno de los cultivos en los que las pérdidas de suelo son mayores, muy superiores a las observadas en cultivos de cereal/girasol o en zonas de pastizal o matorral. Según recientes evaluaciones oficiales, más de 80 toneladas de suelo por hectárea se pierden anualmente en los olivares andaluces, (que son aún mayores en parcelas con fuertes pendientes), pérdidas que superan con creces la capacidad de regeneración del suelo.

La erosión afecta gravemente a la calidad y a la fertilidad del suelo, disminuyendo su capacidad para soportar cualquier tipo de vegetación, al incidir sobre distintas características del mismo. Esto provoca:

- ✓ Disminución de la capacidad de infiltración y de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, al desaparecer los horizontes superficiales que son los de mayor espacio poroso y mayor contenido de materia orgánica tienen.
- ✓ Pérdida de nutrientes básicos para las plantas como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, esenciales para el crecimiento de las mismas. Esto es así puesto que la concentración de estos nutrientes es mucho mayor en los primeros centímetros del suelo que son los que se nos van a perder dejándonos unos horizontes que típicamente tienen hasta tres veces menos.
- ✓ Pérdida de materia orgánica, que sabemos que contribuye enormemente a la fertilidad del suelo. Dado que la mayor parte de la materia orgánica se acumula en la parte más superficial del suelo, la erosión provoca un rápido descenso de su contenido y la fertilidad disminuye por la degradación de la estructura y el descenso del nivel de nutrientes.
- ✓ Disminución de la cantidad y diversidad de los organismos vivos de los suelos, como bacterias y hongos, algunos de los cuales son capaces de reciclar nutrientes básicos para las plantas o como las lombrices, auténticos labradores naturales del suelo.
- ✓ Disminución de perfil de suelo, que especialmente en suelos poco profundos puede conducir a la imposibilidad del mismo para soportar cualquier tipo de vegetación.

Es necesario considerar que muchos de los efectos de la erosión aumentan, a su vez, la susceptibilidad del mismo a sufrir pérdidas de suelo, con lo que se entra en un círculo cerrado que finalmente nos lleva a la desertificación. El proceso de la erosión no sólo va a afectar a la parcela, sino que va a tener un efecto negativo sobre toda la zona circundante, pues las partículas de suelo van a ser arrastradas dando lugar a la colmatación de canales y embalses, reduciendo la capacidad de retención de agua y de producción de energía eléctrica, disminuyendo la vida útil de los pantanos y aumentando el riesgo de inundaciones al disminuir su capacidad de regulación de los caudales. Además se incrementan los costes de tratamiento de las aguas de los ríos.

Asimismo hay que tener en cuenta que las partículas de suelo pueden llevar absorbidas diferentes sustancias químicas provenientes de los fertilizantes y los pesticidas que pueden afectar a las plantas acuáticas y a otros organismos, afectando gravemente a muchos ecosistemas, dando lugar a procesos como la eutrofización.

Diversos factores intrínsecos hacen que el problema de la erosión sea consustancial con el olivar.

- ✓ Cultivo en suelos en pendiente,
- ✓ Climatología de tipo mediterráneo, alternándose periodos de sequía con lluvias de gran intensidad en un corto período de tiempo,
- ✓ Suelos arcillosos con baja velocidad de infiltración, que se encuentran con una marcada hidrofobia en el momento en que se producen las primeras lluvias otoñales,
- ✓ Escasa cobertura del suelo por el cultivo.

Ante esto, poco puede hacer el agricultor. Sin embargo, determinadas prácticas derivadas de la actividad agrícola, como el *laboreo*, sí que han influido decisivamente en la aceleración del proceso erosivo.

La desagregación de las partículas del terreno y la destrucción de la cubierta vegetal por las labores excesivas son los factores que en mayor medida han influido sobre las pérdidas de suelo por erosión.

El sistema de manejo del suelo empleado puede afectar también a la producción del olivo; a los costes de cultivo, y en especial a los de recolección; al régimen de temperaturas de la plantación, con incidencia de enfermedades y plagas; y finalmente a la fauna.

2. SISTEMAS DE CULTIVO EN OLIVAR

El conjunto de posibles alternativas de cultivo que pueden ser empleadas en el olivar queda resumido en el siguiente cuadro.

- ✓ Suelo descubierto
 - Laboreo convencional
 - No laboreo
 - Laboreo reducido:
 - Semilaboreo
 - Mínimo laboreo

-
- ✓ Suelo cubierto
 - Cubierta inerte
 - Hojas y restos de poda triturados
 - Piedras
 - Paja
 - Materias diversas
 - ✓ Cubierta vegetal viva
 - Malas hierbas
 - Sin manejo excesivo
 - Siega
 - Química con herbicidas
 - Mecánica
 - Pastoreo
 - Plantas cultivadas (cereales o leguminosas)
 - Siega química con herbicidas
 - Siega mecánica
 - Siega por pastoreo

Como se dijo anteriormente, en la elección de un sistema se debe considerar el tipo de explotación a cultivar, su topografía, tipo de suelo y orientación que vamos a dar a la producción (mesa o almazara).

El sistema de cultivo que se elija debería de cumplir, en principio las siguientes exigencias:

- ✓ Óptimo empleo del agua disponible,
- ✓ Óptima utilización del suelo,
- ✓ Conservar el suelo, minimizando la erosión, y
- ✓ Ser de coste económico, facilitando la realización de las diferentes operaciones de cultivo.

Como es natural, este sistema ideal no existe para todos las posibles situaciones de cultivo. A continuación se describirán todos los posibles métodos utilizados en la olivicultura actual.

2.1. Laboreo

Es el sistema de cultivo más utilizado por los olivareros. En este sistema de cultivo el suelo se mantiene desnudo de vegetación durante todo el año mediante labores continuadas.

Los sistemas de laboreo han variado sustancialmente durante los últimos 20 años. Los aperos que voltean el suelo, como la vertedera, ya han dejado de utilizarse, y otros, como las gradas de discos, son cada vez menos utilizados.

En la actualidad los aperos de labranza vertical, como cultivadores y vibrocultivadores, son ya los más utilizados por los olivareros, siendo cada vez menor la profundidad de las labores.

Esquemáticamente el modelo de labores que realizan los olivareros es el siguiente. Una vez realizada la recolección de las aceitunas, en invierno, se procede a realizar la labor de alzado utilizando el cultivador. Su misión es la de abrir el suelo y prepararlo para infiltrar el agua de lluvia. Se realiza cuando las malas hierbas tienen un pequeño desarrollo y se emplean tractores de 70-90 cv de potencia.

En los meses siguientes, hasta que llega la estación seca, el agricultor sigue labrando de forma relativamente continuada, 2 a 4 labores cruzadas más, en función de la intensidad y frecuencia de las lluvias, con la misión de destruir las hierbas, tapar las huellas de la erosión y pulverizar el suelo, preparándolo para pasar el verano en este estado.

En años lluviosos es frecuente el empleo de la grada de discos, en especial cuando no se han controlado precoz y adecuadamente las malas hierbas, por lo que éstas han alcanzado un gran desarrollo. Este apero, que deja el suelo muy disgregado y desterronado, como gusta al olivarero, es muy eficaz en el control de las malas hierbas, pero al voltear el suelo ocasiona grandes pérdidas de agua por evaporación, dando lugar a la formación de suelas de labor compactadas a cierta profundidad bajo la capa arada, que limitan la infiltración del agua de lluvia en profundidad.

En verano, con la superficie de suelo ya seca y disgregada, se realizan constantemente labores superficiales, empleando gradas de púas o rastras, cuya misión, según el olivarero es la de crear nubes de polvo que tapen estomas, para reducir así la transpiración de los olivos y además romper la capilaridad del suelo y tapar las grietas, con lo que pretende reducir la evaporación y conservar el agua en el suelo. Estos aspectos, base teórica del tradicional cultivo de secano en zonas áridas, no parecen soportar la crítica científica en el estado actual de conocimientos en la materia.

La última operación anual de cultivo es la preparación del terreno para la recolección. En muchas variedades y años es frecuente la caída de frutos al suelo de forma natural, tras su maduración. El coste de recolección de esos frutos depende en gran medida del estado del terreno. Un suelo compactado y sin hierba es el que permite una recolección a mínimo coste (Benavides y Civantos, 1982). Por estas razones el olivarero compacta el suelo con un rulo y/o despedrega el terreno bajo la copa de los olivos al final del verano y antes de las primeras lluvias otoñales, aplicando posteriormente herbicidas residuales en esta zona, para mantener el suelo libre de malas hierbas durante el invierno.

Pocos olivareros se apartan básicamente del esquema presentado en los párrafos anteriores.

Los inconvenientes más importantes que presenta el sistema son: uso de herbicidas, favorecer las pérdidas de suelo por erosión; rotura de raíces, lo que desequilibra el crecimiento y fructificación del árbol, al alterar negativamente la relación funcional hoja/raíz; y no permitir, en muchas situaciones, un óptimo aprovechamiento del agua de lluvia. Sin embargo, en algún tipo de suelo el laboreo es necesario (Aguilar et al., 1995).

Lograr un buen suelo dependerá en gran parte de las adecuadas prácticas de laboreo que se realicen. Lo que sí se cuestiona desde la agricultura ecológica son determinados tipos de labores (profundas, no siguiendo las curvas de nivel...) y de maquinaria o aperos (vertederas, subsoladores...) que se usan demasiado frecuentemente.

2.2. No laboreo con suelo desnudo (NLD)

En este sistema de cultivo, también con suelo desnudo de vegetación durante todo el año, se eliminan totalmente las labores, encomendando el control de malas hierbas a los herbicidas.

Los herbicidas deben aplicarse sobre suelo desnudo, en preemergencia de las malas hierbas, en otoño, o en postemergencia temprana, mediado el otoño, después de producirse las primeras lluvias, que permitirán la germinación de la mayoría de las hierbas de ciclo invernal, que son las más abundantes en el olivar. Las malas hierbas perennes son igualmente un importante problema en el olivar, y su tratamiento debe hacerse durante la primavera, en postemergencia de la mala hierba, empleando un herbicida de traslocación.

Si no quisiéramos aplicar herbicidas residuales, el suelo puede mantenerse en NLD también libre de vegetación mediante la aplicación de herbicidas en postemergencia (contacto o traslocación), cuando las hierbas tienen un pequeño desarrollo, lo que permite usar dosis muy bajas de herbicidas, haciendo el tratamiento más económico y más saludable al medio ambiente.

Aunque desde el punto de vista de la producción, el cultivo sin laboreo proporciona casi siempre ventajas, así como la reducción global de la erosión, también presenta inconvenientes serios, tal como la referida inversión de flora hacia especies de malas hierbas no bien controladas por los herbicidas residuales, y el que es quizás el inconveniente más importante, la erosión en cárcavas profundas en las zonas de desagüe natural de la escorrentía. Este tipo de erosión suele ser intensa en NLD, ya que en este sistema de cultivo se reduce la velocidad de infiltración, por lo que cuando se producen aguaceros de cierta intensidad, los volúmenes de escorrentía son grandes y su efecto erosivo es también grande, quedando sus huellas permanentemente sobre el terreno.

Aunque no se esté hablando de un cultivo ecológico del cultivo del olivo en el presente Proyecto existe un abuso de uso de herbicidas, para este tipo de sistema de manejo de suelo, los cuales causan daños en el medio ambiente, como pérdidas de biodiversidad, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, además de ser nocivo para el agricultor.

2.3. Sistemas de laboreo reducido

En estos sistemas, de los que existen diferentes variantes se combinan labores de distinta intensidad y profundidad con la aplicación de herbicidas bajo la copa del árbol, zona que queda sin labrar durante todo el año, aspecto común a todos los sistemas de laboreo reducido.

Una primera variante es el semilaboreo, sistemas en el que se aplican herbicidas residuales bajo la copa del olivo, realizando labores cruzadas solo en el centro de las calles, tal como se hace en el laboreo convencional.

Este sistema reduce los costes de cultivo, al reducir la superficie labrada y evita además el coste adicional que supondría realizar todos los años la preparación de suelos. Desde el punto de vista de la producción, parece mejorar la capacidad productiva con respecto al laboreo convencional (Hermoso y Morales, citados por Pastor, 1991).

Otra variante muy interesante es el mínimo laboreo, sistema en el que se aplican herbicidas residuales a todo el terreno, realizando anualmente alguna labor muy superficial (5cm) en el centro de las calles, cuya misión es romper las costra superficial, lo que sin duda mejorara la velocidad de infiltración en suelos con marcada tendencia al sellado de su superficie, al ser ésta alterada por el impacto de las gotas de agua de lluvia durante los aguaceros de cierta intensidad.

En este sistema, es muy importante, por un lado, el empleo de herbicidas, ya que se encomienda a los mismos el control de las malas hierbas, pues si no se emplearan sería necesario realizar un gran número de labores anuales para mantener el suelo libre de vegetación. Por otro lado, es importante elegir bien el momento en que se realizan las labores, siendo preferible labrar cuando la capa superficial del suelo este seca, que es cuando no existe ya un gran riesgo de aumentar las pérdidas de agua por evaporación desde el suelo, por lo que una labor superficial al final del verano es lo más aconsejable.

Debe conseguirse que las lluvias de otoño-invierno caigan sobre un suelo en el que previamente se ha roto la costra superficial, lo que reducirá el volumen de escorrentía, y aumentara las disponibilidades de agua para el cultivo.

En los suelos en los que la práctica de NLD se ha mostrado poco satisfactoria desde el punto de vista de la producción, un mínimo laboreo ha permitido aumentos de producción con respecto al laboreo convencional (Pastor,1991).

En este sistema de laboreo reducido el apero más recomendable es el vibrocultor, apero que requiere de un tractor de pequeña potencia, y que debe ir provisto de unas ruedas para el control de la profundidad de la labor.

2.4. Sistemas de cultivo con cubierta

Desde el punto de vista del control de la erosión, el cultivo con cubierta parece la solución más eficaz (Blevins, 1986). Existen dos posibilidades para lograr la cobertura del suelo, las cubiertas inertes y las cubiertas vivas. Cualquier estrategia que permita de un modo económico cubrir el suelo, sin que se establezca competencia con el olivo, siempre es recomendable. En las líneas que siguen se realiza un análisis de diversas estrategias, revisando cual es el posible ámbito de aplicación de cada una de ellas

2.4.1. Cultivo con cubierta inerte

El cultivo con cubierta inerte (plásticos, paja, mantas porosas sintéticas, restos vegetales, etc.) parece una utopía en plantaciones adultas de gran extensión, ya que su alto coste, debido a la cantidad de material necesario, hace prácticamente inviable su uso, excepto en muy contadas ocasiones.

Se piensa que solamente las hojas desprendidas del propio cultivo y el material de poda, debidamente troceado y repartido anualmente sobre la superficie del terreno parecen viables en olivicultura, ya que no tienen un gran coste y su persistencia sobre el suelo es grande, por lo que son muy eficaces como cubierta. Una vez que los restos de poda son troceados mecánicamente desaparece el riesgo de plagas como el barrenillo (*Phloeotribus scarabeoides*, Bern.).

En suelos pedregosos, las piedras de pequeño y mediano tamaño que muchos olivareros se afanan en retirar, son también una excelente cobertura. Basta con retirarlas de la zona que está bajo los árboles para tener un excelente aliado. Como es natural, en un cultivo con cobertura de piedras se impone la aplicación de prácticas de no-laboreo.

En plantaciones jóvenes, y durante los primeros años, se piensa que puede ser muy interesante el empleo de coberturas inertes en la poceta de plantación, lo que permitirá conservar mejor el agua y beneficiarse, del aumento de la temperatura del suelo, lo que trae consigo un más rápido desarrollo vegetativo de la planta y el control de las malas hierbas (Worshan, 1991). Se conocen experiencias favorables con el empleo de paja de cereal o láminas de polietileno, que confirman lo expresado anteriormente.

2.4.2. Cubiertas vegetales vivas

La formación de biomasa por los vegetales en la fotosíntesis debe pagar un tributo importante, la transpiración, con un importante consumo del agua del suelo por la planta. Para evitar la competencia con el cultivo planteamos crear la cubierta a expensas de la mayor cantidad de agua disponible que proporciona el propio sistema: aumento de la infiltración en la época lluviosa, y reducción de las pérdidas de agua por evaporación desde el suelo durante la estación seca.

Esto, que puede parecer imposible a priori, ha sido confirmado con resultado positivo durante varios años en Andalucía, años que han sido además bastante secos.

El planteamiento es el siguiente, crear la cubierta vegetal durante el periodo lluvioso de otoño-invierno, época en la que debido a las bajas temperaturas las necesidades del olivar son escasas, pero debe controlarse la transpiración de la cubierta mediante la siega a final del invierno, cuando ya hayamos logrado la cobertura suficiente.

Con este planteamiento, cualquier población herbácea que cubra el suelo puede ser útil, lo que ocurre es que posteriormente pueden plantearse problemas de manejo para el agricultor, en particular si no es capaz de frenar la transpiración a final del invierno, lo que podría traducirse en ciertas pérdidas de producción (Pastor, 1989).

✓ Cubierta viva de mala hierba

Las malas hierbas constituyen una cubierta muy útil en el cultivo del olivar. El sistema de siega elegido es fundamental para el éxito de esta práctica, ya que con el tiempo la población vegetal puede evolucionar hacia especies difíciles de controlar, o hacer predominar especies que aporten poco beneficio como cubierta.

Existen diferentes alternativas para la siega de la cubierta: la siega mecánica utilizando desbrozadoras o segadoras convencionales; siega química aplicando herbicidas de contacto o traslocación; y la siega a diente, pastoreando de forma controlada con ganado ovino, todos ellos tienen sus ventajas e inconvenientes.

La siega mecánica proporciona un resultado aceptable cuando la población de malas hierbas está compuesta por especies de escaso poder de rebrote tras la siega. Sin embargo, cuando existen especies de porte rastrero o especies con facilidad para rebrotar a lo largo de la primavera, el sistema se convierte, en el transcurso de los años, en inviable en olivares de secano.

La siega química parece un sistema más sencillo para el manejo de la cubierta, ya que si se combina adecuadamente la amplia gama de herbicidas disponibles, de acuerdo con la vegetación existente, la siega de la cubierta es mucho más rápida y eficaz.

El pastoreo o siega al diente por el ganado ovino es viable en la olivicultura extensiva de las zonas de sierra, siempre que se emplee una carga ganadera que asegure el consumo de la cubierta por el ganado antes de que se inicie la competencia con el olivo. La compactación del terreno cuando se pastorea con el suelo húmedo, lo que puede limitar la infiltración, puede ser el inconveniente más importante. Sin embargo, este sistema podría recompensar económicamente al olivarero-ganadero.

✓ Cubierta viva de cebada

Hay diferentes estudios de cultivos del olivo con sistemas de cubierta vivas de cereal (Pastor et al., 1996) que han dado resultados verdaderamente satisfactorios.

El cereal utilizado ha sido cebada, ya que es una especie rústica, de crecimiento invernal, con gran capacidad de ahijamiento, de semilla barata, fácil de establecer, de cultivo muy conocido por el agricultor, y de siega económica y sencilla.

La semilla se incorpora al suelo a principio de otoño mediante una labor superficial, lo que permitirá una rápida germinación con las primeras lluvias otoñales. Es aconsejable incorporar simultáneamente 50 kg./ha de nitrógeno. La cubierta así establecida se deja crecer durante el periodo otoño-invierno, y durante el encañado del cereal, se debe realizar la siega química con herbicidas de traslocación.

La paja seca debe quedar sobre el suelo durante la primavera, para que de esta forma proporcione los beneficios deseados.

El peligro de incendio provocado, si no producen lluvias durante la primavera, es el inconveniente más importante que plantea este sistema.

✓ Cubierta viva de cebada

Se maneja de igual manera que en el caso de la cebada. Las vezas, guisantes, etc presentan la ventaja, frente al cereal, de fijar importantes cantidades de nitrógeno, que en muchos casos pueden satisfacer las necesidades de ese elemento.

Este tipo de cubierta presenta un inconveniente: la escasa persistencia de los restos vegetales sobre el suelo una vez realizada la siega, por lo que no se asegura una adecuada defensa contra la erosión (Van Huyssteen et al., 1984).

Sin embargo, la veza se adapta mejor que el cereal a la siega mecánica, ya que tiene escaso poder de rebrote (Humanes y Pastor, 1995). Los riesgos de incendio provocado son mucho menores que en el caso del cereal.

3. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DEL SUELO

Se estudiarán en este apartado los diferentes factores del presente Proyecto, que nos inducirán a elegir el sistema de cultivo específico que se llevará a cabo.

En principio, se eliminarán las opciones que no nos interesan como sistema de cultivo para nuestro olivar. En concreto se desecha la opción de los sistemas de suelo cubierto de materiales inertes, excepto el cubrimiento del suelo con restos de poda, ya que sólo sería el único método económico factible.

De esta forma, nos quedarían las siguientes opciones: laboreo total, no laboreo, laboreo reducido, cubierta vegetal viva o restos de poda triturados, como cubierta vegetal inerte sobre el suelo.

Nos encontramos ante un olivar en regadío, por lo que en principio el factor de disponibilidad de agua no nos afecta de la misma manera que lo haría en un olivar de secano. Pero el diseño de riego planteado en este Proyecto, se basa en la capacidad almacenadora de agua del suelo (ver Anejo 5 Riego). Por lo tanto cuanto mayor sea el volumen de agua que podemos ser capaces de almacenar en el suelo, menores serán los riegos que tendremos que aportar, con una paralela reducción de gastos.

Por lo que para mejorar el balance, habrá que disminuir las salidas de agua del olivar, y aumentar, al tiempo, la capacidad de almacenamiento del suelo. Esto exige:

- ✓ Evitar las pérdidas por escorrentía
- ✓ Aumentar la infiltración
- ✓ Aumentar la capacidad de retención de los horizontes superficiales
- ✓ Evitar la evaporación directa
- ✓ Reducir o eliminar la transpiración de las plantas adventicias

Estas funciones se le han atribuido tradicionalmente al laboreo, con los distintos aperos (cultivador, grada de discos, rastra, etc.) y en diferentes épocas a lo largo del año (alzar, binar, terciar, rastreos de verano, etc.), pero, sólo las ha ejercido medianamente, y en la actualidad conocemos que su empleo presenta, además, un grave inconveniente: la erosión.

Pero ya se ha apuntado en ocasiones anteriores que el laboreo no está en absoluto reñido con la agricultura. El valor del laboreo está en realizarlo razonadamente y con la maquinaria adecuada.

El suelo ejerce una doble influencia sobre la planta: habitabilidad y nutrición. Tanto las condiciones físicas como las químicas y biológicas son fundamentales para la planta, siendo ambas modificables por medio de las labores; de ello se deduce la importancia que para el olivo tiene el que éstas se efectúen de una manera racional y correcta.

Para que las labores se adapten a las circunstancias que en cada caso determinado existan y no se efectúen bajo el mandato imperativo de la rutina, el conocimiento del factor suelo en cada caso se hace imprescindible y esencial.

Las finalidades que persiguen las labores se derivan de los efectos que producen, y son:

- ✓ Generación de una estructura grumosa en el suelo.
- ✓ Facilitar la penetración del agua en el suelo, favorecer su conservación y evitar que se pierda por evaporación.
- ✓ Ayudar a la penetración de las raíces.
- ✓ Airear el suelo para que se active la vida microbiana y especialmente las bacterias nitrificantes.
- ✓ Eliminación de plantas adventicias o "malas hierbas" y/o plagas del suelo.
- ✓ Enterramientos de residuos de cosecha y/o la incorporación de fertilizantes al suelo.

-
- ✓ Remediar la compactación subsuperficial creada por labores (suela de labor) y/o actividades previas (compactación superficial producida en la recolección).

Por lo tanto se puede aplicar el laboreo, si además consideramos otras técnicas paralelas para evitar las pérdidas de suelo. A continuación se llegara razonadamente a la solución más aconsejable.

Para evitar pérdidas por escorrentía hay dos caminos, que no son excluyentes: aumentar la velocidad de infiltración y poner barreras físicas a la circulación del agua por la superficie.

Las características de estas barreras dependerán, fundamentalmente de dos factores: caudal de agua y pendiente del terreno (en nuestro caso la pendiente es inapreciable). En nuestra parcela, el caudal de agua de riego y lluvia no creará problemas de escorrentías ni arrastres debido a la topografía prácticamente plana del terreno.

La velocidad de infiltración de un suelo depende de muchos factores como el contenido inicial de humedad, la conductividad de los distintos horizontes, la textura, la pendiente, el grado de compactación, la rugosidad de la superficie, pero nos interesa remarcar dos - sobre los que es posible intervenir- la estructura del horizonte superficial y la presencia o ausencia de cubierta herbácea.

La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo radica - en cuanto a factores modificables- en la calidad de su estructura y en los niveles de materia orgánica.

La evaporación del agua retenida en el suelo se disminuye al disminuir la radiación solar incidente sobre el mismo, de tal manera que se disminuya la temperatura en el horizonte superficial.

Si se observa detenidamente, una cubierta adecuada, viva o cortada conseguirá todos los objetivos propuestos, actúa de barrera contra la escorrentía, favorece la infiltración, mejora la estructura superficial, aporta materia orgánica y, además, protege el suelo contra el golpeo de la lluvia, aumenta la capacidad de retención de agua de los horizontes superficiales, al aumentar su contenido en materia orgánica, lo que también favorece la actividad biológica, evita la evaporación directa, cubriendo la superficie del suelo.

Por otro lado, una cubierta herbácea debe colaborar en la mejora del balance hídrico del suelo. Aunque en principio parezca un contrasentido, ya que en cualquier caso colaborará a aumentar la transpiración. Nos mejora la estructura de los horizontes superficiales y mejora y aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo. Nos aumenta la infiltración del agua de lluvia en los meses de invierno. Además, los restos vegetales secos y triturados reducirán la velocidad de evaporación del agua desde el suelo, por lo que en primavera el olivo cultivado con cubierta bien manejada (siega al salir del invierno) podrá disponer de una mayor cantidad de agua para la transpiración, y por tanto fabricar asimilados, lo que con toda probabilidad se traducirá en un aumento de la producción.

En resumen la cubierta vegetal: mejorará el balance hídrico y protegerá el suelo contra la erosión, siempre que se evite la competencia en las épocas de escasez. Esto significa que debemos eliminarla a principios de la primavera para evitar la competencia por el agua con el cultivo.

Aunque en la determinación del momento preciso de eliminación esté una de las principales incógnitas de este sistema, la novedad no está en el momento de eliminar la hierba, sino en la forma de hacerlo. Si tradicionalmente se ha hecho mediante el laboreo con distintos aperos, y en varias pasadas consecutivas, ahora se proponen sistemas que permiten que la hierba siga cubriendo el suelo después de cortada, para conseguir el doble efecto de acolchado y compostaje en superficie.

Una consideración propia es que no hay ninguna razón para tener que establecer un sistema único en toda la explotación, para todas las parcelas, para todos los años... Para el manejo del suelo, son posibles muchas variaciones en el tiempo y en el espacio de la finca.

Según todos estos razonamientos de cubiertas vegetales, en combinación con otros sistemas de manejo del suelo como el laboreo, trituración de los restos de poda y el control de la cubierta con herbicidas, parece ser el sistema de cultivo más apropiado para nuestro olivar.

Se utilizan los siguientes manejos de suelo:

- ✓ Laboreo en los primeros años de la plantación
- ✓ No laboreo y control de la cubierta con herbicidas en las líneas de cultivo de los olivos
- ✓ Cubierta vegetal
- ✓ Cubierta inerte con los restos de poda triturados

4. ELECCIÓN FINAL DEL MANEJO DEL SUELO

Durante los tres primeros años de plantación, no es aconsejable la colocación de una cubierta viva, puesto que provocaría demasiada competencia con los árboles todavía jóvenes. Por tanto se realizará laboreo en las calles de los árboles y mediante la aplicación de herbicidas se conseguirá un suelo desnudo en la zona de las filas de los árboles. La colocación de un protector para la planta tras la plantación servirá de barrera para que no exista contacto entre los herbicidas y la planta

El calendario de laboreo puede ser el siguiente:

- ✓ Noviembre-Diciembre (después de la recolección) se abre el suelo con cultivador, y así se prepara para permitir la infiltración del agua de las lluvias de invierno.

Se aplicará herbicida sobre la línea de cultivo de los árboles. Uno de los más usados es la materia activa Glifosato que elimina todo tipo de malas hierbas tanto gramíneas, como de hoja ancha, anuales y perennes. Se aplica en las hojas y penetra en la planta llegando hasta las raíces, siendo esta su principal cualidad por la que es capaz de acabar con las plantas perennes. Por tanto, con este tipo de herbicidas sistémicos se puede matar a las malas hierbas perennes aunque no sean eficaces al 100%.

Otro herbicida total y sistémico (que penetra hasta las raíces) es el de materia activa Sulfosato que actúa de forma similar al Glifosato.

- ✓ Primavera: se realizaran 2 labores de cultivador muy superficiales para eliminar las malas hierbas, romper la costra y desmenuzar el terreno. Se completaría con aplicación de los herbicidas comentados anteriormente en las líneas de plantación, donde no llega el efecto del cultivador.
- ✓ En verano se procurara no realizar ninguna labor, porque con las labores estivales se pierde mucha agua de la capa de suelo removida. En caso de hacer alguna operación realizarla de 5cm de profundidad.

-
- ✓ La última labor se realizara al final del verano, antes de las lluvias de otoño. Después de esta labor, se podría realizar un rulado para facilitar la recolección. Pero esto sólo tendría valor para la recolección de las aceitunas del suelo. En nuestro caso con la recolección mediante vendimiadoras y en época muy temprana (esperamos que estas variedades, de por sí tempranas, alcancen la maduración técnica y de óptima calidad aceitera en la primera mitad de noviembre), no merece la pena, puesto que la cosecha que cae al suelo es despreciable. Además adoptamos una filosofía de producción en la que prima la calidad de la aceituna recolectada sobre la cantidad, influyendo directamente sobre la mayor calidad del aceite extraído, así que no nos interesa la recolección de la aceituna del suelo.

Recaltar que este tipo de manejo del suelo se realiza durante los primeros tres años del cultivo y por otra parte la aplicación de herbicidas sobre las líneas de cultivo se realizarán en las épocas descritas y si es conveniente en más ocasiones si se observa la presencia de malas hierbas en las líneas de cultivo.

A partir de la tercera campaña se llevará un manejo de suelo que consiste en la creación de una cubierta vegetal de las calles de cultivo controlada con una siega mecánica, la incorporación a la superficie del suelo de una cubierta inerte proveniente de los restos de poda triturados y el control de la flora adventicia de las líneas de cultivo utilizando herbicidas. La cubierta vegetal no ocupará toda la anchura de las calles del cultivo, sino que en la zona cercana a la línea de los olivos se realizará laboreo. Las calles por tanto quedarán con una zona de cubierta vegetal de dos metros de ancho en el centro de la calle de cultivo y a cada uno de sus lados hasta la línea de olivos un metro de zona laboreada será necesario modificar el cultivador para que realice el laboreo pero respetando la zona de cubierta vegetal.

Ya hemos dicho que existen dos tipos de cubiertas vegetales, las vivas y las inertes.

En cuanto a las cubiertas vivas se conocen los buenos resultados de la cubierta espontánea, como hemos explicado en los epígrafes anteriores, que a la producción de biomasa, añade la ventaja de la diversidad, pero, en este caso, cuando la cubierta herbácea la forman especies adventicias o "malas hierbas", si no se aplica ningún cuidado adicional, será la dinámica propia de estas poblaciones la que determine la presencia y abundancia de cada una de las especies.

La creación de otras cubiertas vegetales vivas como pueden ser de cereales, gramíneas, leguminosas o crucíferas puede que tengan mayor capacidad de producir masa verde, condiciones de fijación de nitrógeno atmosférico (leguminosas), mayor resistencia a la descomposición una vez segadas, mayor capacidad de actuar como "bombas de nutrientes", etc; pero su persistencia en el suelo es limitada (ciclo anual) y todas las campañas se debe realizar una siembra de la especie en las calles de cultivo con su correspondiente coste de semilla, labor y fertilización. Por esta razón se aplica una cubierta vegetal viva a base de "flora espontánea".

Optaremos por tanto por depositar todos los restos de poda y de esta forma picarlos y dejarlos sobre el suelo, aumentando las ventajas que da el uso único de cubierta vegetal viva. Además será una fuente de incorporación de materia orgánica al suelo elevando la fertilidad del terreno.

El laboreo de las líneas de olivos se realizará en noviembre-diciembre para realizar una apertura de suelo cerca de la zona de olivos; en primavera (abril) con el fin de controlar la flora adventicia y enterrar los restos de poda; y al final del verano.

Tanto la siega de la cubierta vegetal como la trituración de los restos de poda se podrán realizar a un mismo tiempo si se utiliza una desbrozadora-trituradora de martillos. Se realizarán uno o dos pases tras la poda en la primavera, preferentemente el principio de la misma.

El control de las hierbas adventicias sobre las líneas de los olivos se controlará mediante la aplicación de los herbicidas anteriormente detallados y el laboreo. Hay que tener muy presente que si el herbicida entra en contacto con el olivo este morirá, por lo que los tratamientos se realizarán preferentemente en días con ausencia de viento y utilizando maquinaria específica provista de campana que solamente proyecten y localicen el producto sobre la zona de aplicación. Al menos es conveniente realizar dos aplicaciones, una en otoño antes de la recolección sobre el mes de noviembre y otra en primavera. Su aplicación se realiza bien mediante "mochilas" manuales en las que en la boquilla se le acopla un difusor o campana; o bien mediante equipos suspendidos o arrastrados al tractor específicas para este tipo de labores.

ANEJO 7 PODA PROYECTO

1. OBJETIVOS Y TIPOS DE PODA

1.1. Objetivos y tipos de poda

Con la poda se realizan sobre el olivo operaciones que modifican la forma natural de su vegetación dando vigor o restringiendo el desarrollo de ramas, teniendo como finalidad darle la forma más adecuada con la que se consiga la mejor adaptación posible del árbol al medio en que vegeta y como consecuencia la máxima producción.

La poda es necesaria para mantener el equilibrio entre las funciones vegetativa y reproductiva, haciendo compatible la máxima producción y la vitalidad del árbol; alargando al máximo su periodo productivo y retrasando la decadencia, vejez y muerte del árbol.

No en todas las fases del desarrollo de la planta puede realizarse la poda con la misma intensidad. Cuando el olivo se está formando, es decir, en la primera etapa de su vida, en el periodo improductivo hay que podar con poca intensidad, con idea de no disminuir su volumen, contribuyendo a que el árbol alcance cuanto antes el porte deseado. Es la poda de formación. Cuando se alcanza el período adulto se realiza la poda de producción.

En el periodo de vejez es necesario rejuvenecer el árbol mediante podas intensas pero espaciadas por periodos de tiempo relativamente largos que permitan la reconstrucción del árbol, realizando la poda de renovación o rejuvenecimiento. Se trata de, sobre un tronco viejo, mantener ramas jóvenes dando paso a árboles de buen aspecto vegetativo y excelentes producciones.

Esto ocurría en los antiguos olivares, ahora, con las nuevas técnicas de olivares superintensivos mecanizados al máximo debido a la falta de mano de obra especializada, y las nuevas ideas de producción agrícola lo más respetuosas posible con el medio ambiente; esta etapa de vejez del olivar debe ser mínima.

Dentro de la distinta intensidad con que se debe efectuar la poda según la edad del olivo, hay que tener en cuenta los factores que deben considerarse para determinar si podar más o menos o incluso si no podar en un año concreto. Para ello es importante tener en cuenta la cuantía de las precipitaciones en el periodo otoño-invierno anterior a la ejecución de la poda, la cosecha del año precedente, - si se trata secano -, el estado vegetativo de los árboles en el momento de realizarse la poda; el destino de la cosecha (aceitunas para mesa o para almazara) y finalmente la densidad de plantación y el tamaño de los árboles.

Pero la poda debe comenzarse prácticamente desde el inicio de la vida de la planta. Ya una buena planta de vivero debe comenzar a podarse en él y ya esta práctica debe realizarse correctamente, pues el pequeño olivo allí formado será el punto de partida para obtener una futura plantación productiva, mecanizable y rentable.

2. PODA DE FORMACIÓN

La poda de formación tiene dos objetivos fundamentales:

- ✓ Crear un armazón o esqueleto robusto compatible con el marco de plantación elegido, esqueleto que en un futuro cercano será, el soporte de los órganos vegetativos, así como de la cosecha durante la vida productiva del árbol. En nuestro caso, al tratarse de un cultivo intensivo de alta densidad, además, la formación de la copa y el sistema radical debe producirse lo más rápidamente posible, para que la producción pueda comenzar precozmente.
- ✓ Posibilitar la mecanización integral del cultivo. En el estado actual de conocimientos la mecanización de la recolección de aceituna debe resolverse mediante el empleo de vibradores de tronco o de vendimiadoras mecánicas adaptadas. En el primer caso, el rendimiento de estas maquinas se ve muy afectado por el numero de troncos de los olivos (que limitan el número de plantas recolectadas en una jornada de trabajo) y por la estructura de los arboles, ya que afecta al porcentaje de frutos derribados por el vibrador en cada intervención). En cambio, la utilización de vendimiadoras con sacudidores horizontales, requiere plantaciones de olivo formadas en seto, de 2 metros de altura y 1 metro de anchura como máximo. Esta disposición exige árboles muy próximos formados sobre un eje central y copa cilíndrica o similar, de pequeño diámetro.

En la poda de formación es importante respetar la tendencia natural de esta especie, y cada variedad en particular. Morettini (1972) demostró los inconvenientes de las formas obligadas, como la palmeta, disminuyen la velocidad de crecimiento de los arboles, retrasan la entrada en fructificación y reducen la producción de la plantación, ya que para obtener estas formas es necesario realizar podas severas y minuciosas, en especial durante los primeros años, lo que desequilibra el olivo al reducir la relación hoja/raíz. Además, estas podas son muy costosas, ya que demandan una gran cantidad de mano de obra altamente especializada, no disponible en la mayoría de los casos.

Debemos procurar que el árbol venga preformado desde el vivero, si es que se ha decidido por la formación con un solo tronco. La técnica de plantación es igualmente importante, y facilitará la futura formación de los árboles.

2.1. Poda de formación en vivero

Una planta de vivero preformada y de buena calidad es el punto de partida para poder obtener una plantación productiva, mecanizable y rentable.

A la hora de elegir el tipo de planta a utilizar, existen dos posibilidades:

- ✓ Estacas gruesas o garrotes enraizados en bolsas de polietileno u otro tipo de material plástico.
- ✓ Estaquillas semileñosas autoenraizadas bajo nebulización, y posteriormente criadas en bolsas de pequeño tamaño.

Elegimos la segunda opción puesto que queremos que los árboles tengan un solo tronco y éstas son las formas más aconsejables, es la que mejor resultados ofrece y está avalada por una larga experiencia.

Se adopta la formación con un solo tronco, por lo tanto, debe exigirse al viverista una planta formada con único eje, joven, vigorosa y con un desarrollo adecuado, con crecimiento activo y no endurecida, para lo cual no debe haber comenzado su envejecimiento debido a una insuficiente capacidad de la maceta o contenedor de crianza. El viverista debería haber eliminado ya las bifurcaciones bajas y vigorosas, sin haber pelado excesivamente el eje, respetando las hojas o brotes débiles y poco desarrollados presentes sobre el mismo.

En el traslado de las plantas desde el vivero al terreno de asiento se cubrirán con un toldo, sobre todo cuando se trasladan en camión como medio de transporte, lo que evitará la deshidratación y posterior secado de los brotes tiernos, que dificultaría la formación de los árboles y retrasaría el crecimiento de los plantones tras su colocación en el terreno de asiento.

Para el presente Proyecto y teniendo en cuenta que se llevará a cabo una plantación anual durante tres años, habría que tener en cuenta una previsión de planta a largo plazo junto con el viverista.

Se rechazará toda planta de vivero que no esté completamente sana, especialmente de verticiliosis y tuberculosis.

2.2. Poda de formación en plantaciones de alta densidad

Los sistemas de poda de formación aplicables a las plantaciones densas o muy densas deben ser diferentes de los empleados en la olivicultura tradicional.

Procuraremos obtener formas que permitan un precoz y óptimo aprovechamiento del medio productivo, y en especial de la radiación solar, ya que en las plantaciones densas cuando se alcanza el periodo adulto de la plantación, el sombreado entre árboles puede ser un factor limitante de la producción.

Para plantaciones de densidades muy altas y recolección mecánica tipo vendimiadora, los árboles habrán de formarse, como ya se ha dicho, sobre un eje central y copa de forma parecida a un cilindro a partir de unos 30 cm del suelo hasta una altura de unos dos metros y un diámetro de 1-1,20m.

Por otro lado, las formas con un solo tronco dan lugar a árboles que adoptan una forma menos expandida, y con menor volumen de copa para una misma masa de hojas, lo cual es muy importante en una plantación densa porque permite aprovechar mejor el menor espacio disponible.

En España y otros países mediterráneos nos inclinamos por las formas libres en vaso, sobre un único tronco (Pastor y Humanes, 1989), que proporcionan producciones precoces y abundantes, y que demandan mano de obra poco especializada. Sin embargo, algunos especialistas en Italia (Fontanazza, 1984) recomiendan la forma en monocono, forma cónica relativamente libre, con las ramas distribuidas a lo largo de un único eje central. Mediante esta forma se pretende aumentar el porcentaje de frutos derribado por el vibrador, así como aumentar la eficiencia en el uso de luz.

No se ha podido demostrar la mayor eficacia del monocono con respecto a la forma en vaso libre, pero se sabe que aumenta la inversión en el momento de la plantación, ya que es necesario la demanda de podadores altamente cualificados. Por lo que optamos por una forma tipo cilíndrica o similar.

2.3. Actuaciones de poda durante la plantación y los primeros años

Antes de colocar el olivo en el suelo se eliminarán las brotaciones bajas y vigorosas si el viverista no lo hubiera hecho ya, dejando al principio las más débiles, y no pinzando o cortando, nunca la yema terminal, lo que ocasionaría un excesivo número de ramas principales.

En el momento de la plantación, la planta se colocará detrás del tutor en el sentido del viento dominante, de modo que una vez sujeto el olivo, no se produzcan fricciones directas entre ambos, lo que podría ocasionar heridas, punto de posible penetración de posibles plagas como el *abichado* o *piral* o la *tuberculosis*.

Una vez puesto el olivo en el terreno solamente se eliminarán las brotaciones o varetas emergidas directamente desde el tronco, y no se realizará otro tipo de intervención hasta el principio del verano siguiente a la plantación, procurando durante este tiempo, que las plantas queden siempre bien sujetas al tutor y en posición vertical. La eliminación de las posibles brotaciones del tronco se hará sin ayuda de ningún utensilio cortante, para lo que es necesario que estén poco desarrolladas y herbáceas, sin lignificar. Si las varetas están demasiado lignificadas y necesitamos unas tijeras o una navaja para cortarlas, ya hemos llegado demasiado tarde, pero aun así habrá que eliminarlas.

A partir del verano y cada 1 ó 2 meses, daremos un repaso rápido de poda a la plantación. En este repaso se realizaran simultáneamente las siguientes operaciones:

- ✓ Revisar, reponer y aumentar el número de ataduras del tutor, manteniendo siempre la posición vertical de la planta.
- ✓ Eliminar las varetas y las ramas bajas. No haciéndolo de un modo drástico, sino escalonadamente, comenzando por las ramitas más vigorosas y con tendencia a la verticalidad.
- ✓ En la copa no realizamos ningún tipo de cortes ni pinzamientos, favoreciendo la formación de una bola, esperando que con el tiempo la propia planta nos indique cuales serán las 2 o 3 ramas más vigorosas, que serán las futuras ramas principales, pero sin realizar todavía ningún tipo de intervención severa.
- ✓ Cuando la planta tenga aproximadamente 0,80-1,20 m sobre el suelo se realizara la última atadura al tutor, punto a partir del cual se formara por si sola la futura cruz del olivo.
- ✓ Vigilar que las ataduras y el propio tutor no causen estrangulamientos o heridas a las plantas, eliminando dichas ataduras y reponiéndolas cada cierto tiempo si no se empleado material degradable. Vigilar igualmente la posición relativa planta/tutor en relación con los vientos dominantes.
- ✓ Se realizará un control exhaustivo de plagas y enfermedades, llevando a cabo un calendario riguroso de observación durante los años de crianza de la plantación, tratando solo si fuera verdaderamente necesario, ya que eventuales ataques de *Prays*, *glifodes* o *acariosis* pueden estropear el trabajo realizado anteriormente. El abichado (*Euzophera pinguis*), si no es bien controlado puede causar la muerte de muchos de los olivos de la plantación.

La parcela donde se implantará el olivar se encuentra en una zona donde las heladas se pueden dar con relativa frecuencia en invierno. La variedad elegida, Arbequina, es resistente al frío según los autores pero vulnerable en las plantas y brotes jóvenes según las experiencias conocidas en la zona. Es común que plantas enteras o brotes tiernos terminales sean afectados por las heladas invernales.

Por esta razón durante las primeras campañas del cultivo y dependiendo del grado del daño producido por la helada se podrá actuar sobre el manejo del cultivo según la experiencia descrita de cómo recuperar plantaciones de olivo afectadas por heladas durante el periodo de formación basado en el artículo de la revista técnica *Olint* (número 13 noviembre 2007) y en el Anejo 2 Elección especie, marco de plantación y variedad.

Si estas técnicas de manejo no resultan efectivas, se deberá de sustituir las plantas heladas por nuevas plantas. Por otra parte, al quedar helada la punta del brote apical se produce una brotación axial de varios brotes en dicha zona, donde se debe actuar eliminándolos excepto uno, que se guiará y atará de forma vertical al tutor.

Si se procede de esta manera y el crecimiento de la plantación es vigoroso, al segundo o tercer año, una vez que los árboles nos han dado las primeras producciones, ya podremos realizar alguna intervención de poda que organice la copa del árbol y que seleccione las futuras ramas principales, siempre con una moderada intensidad en las actuaciones. El esqueleto propuesto es el siguiente:

- ✓ Planta de un solo tronco, vertical, con altura de cruz entre 0,80m sobre la superficie del suelo.
- ✓ Copa armada sobre un máximo de 3 ramas principales o 2 ramas bifurcadas dicotómicamente. Las ramas inferiores serán vigorosas y prácticamente horizontales con el fin de crear el seto continuo también en las partes inferiores del árbol y que este no se desnude excesivamente en esta zona.
- ✓ A esta estructura se llegara sin intervenciones drásticas de poda que desequilibren la copa del árbol, de una forma escalonada, con 2 ó 3 intervenciones muy suaves anuales. No son admisibles podas de formación que al eliminar una parte importante del árbol ocasionen un desequilibrio en la relación hoja/raíz, debilitando la planta, disminuyendo su crecimiento y retraso la entrada de producción.

Cuando el tronco pueda mantener la copa por si mismo se eliminarán los tutores y las ligaduras, no permitiendo brotaciones de ningún tipo por debajo de la cruz.

Si se han seguido las indicaciones anteriores, un árbol formado de este modo necesitará escasas intervenciones de poda durante el periodo joven, hasta el momento en que se alcance el máximo volumen de copa compatible con el medio en que vegeta la plantación.

3. PODA DE PRODUCCIÓN

Una vez concluida la fase de formación de los olivos, si esta ha sido correcta, es aconsejable intervenir poco intensamente con la poda sobretodo en las plantaciones con riego, como en nuestro caso.

Los olivos bien cultivados deben mantener una relación hoja-madera alta, por lo que las intervenciones de poda solamente trataran de mejorar la iluminación dentro de la copa , lo que aumentará la producción y mejorará la calidad de los frutos producidos, facilitando igualmente las operaciones de recolección.

El podador debe procurar siempre mantener las ramas sombreadas, conservando el mayor numero de hojas, intentando que éstas estén bien iluminadas. La acción directa del sol sobre el tronco y las ramas principales acabará por quemarlos y envejecerlos prematuramente, reduciendo el vigor y la vida productiva del olivar.

Es muy importante evitar que los olivos superen un volumen excesivo de su copa que depende fundamentalmente de la fertilidad del terreno y de las disponibilidades de agua del suelo.

La mayor disponibilidad de agua y mejor iluminación, junto con la limitación en el numero de frutos por árbol como consecuencia de la propia poda, tienen una repercusión final sobre la calidad de los frutos producidos.

Por tanto, es labor fundamental del podador y del olivarero la vigilancia del correcto desarrollo de los árboles y, mediante la poda, mantener el equilibrio óptimo entre fructificación y crecimiento. Como es natural, el marco de plantación empleado juega un papel muy importante, ya que a mayor densidad de plantación mayores serán los problemas de competencia que pueden plantearse entre los árboles, siendo más difícil el manejo en plantaciones intensivas.

3.1. Poda de producción en plantaciones de riego y alta densidad

En regadío, y en la medida en que la pluviometría y las aportaciones de agua de riego sean mayores, el planteamiento del problema es diferente que en secano, ya que en esta situación es posible mantener grandes volúmenes de copa, una mayor cobertura del suelo y árboles mas frondosos, con un mayor índice de área foliar y, por tanto, un mayor potencial de producción.

En esta situación, la deficiente iluminación dentro de la plantación, en especial en las ramas próximas al suelo, puede ser el factor limitante de la producción, que además puede afectar negativamente a la calidad de los frutos producidos.

Si en secano hablábamos de mantener volúmenes de copa de 8.000 m³/ha en las zonas óptimas de Andalucía, en riego esta cifra podría llegar a ser de 12.000 a 15.000 m³/ha, en función de las dotaciones de agua disponibles.

Es frecuente que se poden las plantaciones de riego con los mismos criterios que en secano, lo cual siempre ocasiona importantes pérdidas de producción, disminuyéndose permanentemente el potencial productivo del olivar.

En olivar de aceituna de almazara en riego, donde el tamaño del fruto tiene un importancia menor, creemos que es más necesario aumentar los volúmenes de copa por hectárea, así como obtener árboles más frondosos, a lo que se llega reduciendo la intensidad de poda, o aumentando los periodos de tiempo entre dos podas.

La estrategia de las plantaciones intensivas parte de la aplicación al olivar de otras técnicas y cuidados que se vienen aplicando a otras especies frutales intensivas, tratando de alcanzar una rentabilidad la más inmediata posible y reducir el uso de mano de obra. Los aspectos más destacables, en cuanto a mecanización, son el sistema de recolección y los relacionados con la poda.

En este tipo de plantaciones, se realiza poda en formación libre, se debe formar un seto continuo en cada fila de olivos, siempre permitiendo que el olivo quede lo más expuesto posible a la intervención de la luz, debemos conseguir un equilibrio de la copa del árbol, de tal forma que toda ella quede máximamente expuesta a la iluminación solar. Esto permitirá una maximización de la producción y en la calidad del aceite extraído. Además se favorece la salud del árbol, disminuyendo las infecciones por hongos, la aparición de diversas enfermedades y la entrada de plagas.

En el primer año debe conseguirse un olivo entre 1,5 y 1,8m de altura en forma de pequeño pino, simétrico y con una yema terminal que seguirá creciendo; al final del segundo año se obtendría un olivo de casi 2m de alto y un ancho de 1 a 1,2m.

Puesto que para la recolección se emplean maquinas vendimiadoras, diseñadas y concebidas para la cosecha mecánica de uva en viñas conducidas en espaldera, que se hacen pasar a través del seto de arboles provocando sacudidas que derriban la oliva (ver Anejo 10 recolección), no debemos dejar que el olivo sobrepase este tamaño. De sobrepasarlo, la recogida de la oliva mediante este método se convertiría en ineficaz e ineficiente.

Por esta razón se deberá eliminar las ramas con excesivo vigor orientadas hacia el centro de la calle del cultivo y controlar mediante la poda la altura de las ramas superiores del árbol.

4. PODA DE RENOVACIÓN O REJUVENECIMIENTO

En el olivo, como en todo ser vivo, se produce un lento decaimiento a lo largo de su vida, por lo que al final del periodo adulto empiezan a manifestarse síntomas de envejecimiento, volviéndose el árbol cada vez menos productivo, acentuándose el fenómeno de la vecería.

Con la edad, los olivos van acumulando madera, por lo que se observa un descenso paulatino en la relación hoja/madera, incluso cuando se han realizado podas de producción correctas, lo que trae consigo el descenso de las cosechas medias de fruto, así como una mayor alternancia de producción y un menor tamaño de las aceitunas.

Un escaso crecimiento vegetativo de los brotes del año, hojas pequeñas y de color verde intenso, e incluso la defoliación en ciertos ramos indican al podador que una rama debe ser sustituida, por lo que debe comenzar el proceso de renovación total de la copa, operación que no debería hacerse de una forma drástica, sino de una manera escalonada y continuada, dosificando convenientemente las operaciones de poda de rejuvenecimiento, dando al olivo la oportunidad de regenerar rápidamente la zona suprimida. Este tipo de poda consiste en no dejar excesivo envejecimiento de las ramas principales de producción y cuando estas poseen una edad de dos o tres años es aconsejable eliminarlas y sustituirlas por ramas jóvenes. Así la renovación se realiza de una forma escalonada para mantener la producción en el mayor tiempo posible.

El olivo tiene una gran cantidad de yemas latentes en la madera vieja que, cuando sea necesario y de forma natural, o estimuladas debidamente por la poda, evolucionan como yemas de madera, produciendo brotaciones vigorosas que con el tiempo son capaces de convertirse en ramas y regenerar al árbol. Precisamente en esta capacidad de autorregeneración están basadas las diferentes técnicas de poda de renovación continuada empleadas con gran éxito en Andalucía, en donde incluso los olivares centenarios muestran un buen estado vegetativo y productivo, con una alta relación hoja-madera, similar a la de los olivos jóvenes.

Cuando una rama da muestras de envejecimiento, es normal la reacción del árbol emitiendo chupones o brotes adventicios a partir de las yemas latentes presentes en la madera vieja.

Es muy importante conservar estos brotes, en especial cuando están bien situados, lo que permitirá sustituir la rama envejecida, para lo cual el podador tratará de darles luz y espacio, favoreciendo así su rápido crecimiento, sin que se produzcan deformaciones en los mismos por falta de luz y espacio. Esto se consigue mediante las oportunas supresiones de ramas secundarias cercanas a los brotes de renovación. Cuando estos brotes están ya bien desarrollados, se procederá a la supresión total de la rama agotada, lo que se hará antes de que los sustitutos puedan deformarse.

Si no se produjeran brotaciones espontáneas, no habrá más remedio que suprimir alguna de las ramas principales practicando un corte de arroje inclinado, corte que se realiza con la motosierra unos centímetros por encima del punto de inserción de dicha rama con el tronco, lo que normalmente induce la brotación vigorosa de yemas latentes que sustituirán a la rama eliminada.

Las renovaciones se harán siempre de un modo escalonado, y al tratarse de olivos con un solo pie, la inserción de las ramas de sustitución no se hará directamente sobre el tronco, sino sobre las ramas principales, buscando conseguir el espacio suficiente donde las ramas de sustitución puedan desarrollarse sin competencia por la luz. Estas brotaciones serán, en un futuro, las ramas secundarias de la nueva estructura rejuvenecida.

5. PODA MECÁNICA

La poda mecánica puede ser de producción, de rebaje o de rejuvenecimiento, y consiste en realizar cortes de rebaje de la copa del árbol utilizando una máquina podadora de discos giratorios montada sobre un tractor de media potencia. Este se mueve a velocidad constante por el centro de la calle y la máquina realiza cortes indiscriminados de la copa del árbol, ya sea paralelo, perpendicular o con cierta inclinación respecto a la superficie del suelo.

En los últimos 15 años se han realizado varios ensayos proyectados a medio y largo plazo en diferentes tipos de olivar (Pastor et al., 1991), estudiándose las posibilidades de este método de poda, teniendo en cuenta que la falta de podadores cualificados es uno de los mayores problemas de la olivicultura actual.

Los ensayos han demostrado resultados prometedores sobre todo en olivar de regadío.

El ensayo ha mostrado, igualmente, la necesidad de complementar la poda mecánica con intervenciones manuales, cada tres o cuatro años, para suprimir los tocones, madera muerta y chupones de gran desarrollo que se producen, ya que si no se eliminasen, los árboles pueden dejar de producir.

Los trabajos de investigación realizados (Pastor et al., 1991) nos permiten afirmar que el sistema de poda mecánica propuesto puede ser un método viable en las siguientes situaciones:

- ✓ En la poda de producción durante el periodo joven-adulto de la plantación, sustituyendo a la clásica poda manual de producción.
- ✓ En olivares intensivos para adaptar, de una forma sencilla, el volumen de copa de la plantación al óptimo productivo, permitiendo ensanchar las calles para hacer posible el paso de la maquinaria, mejorando además la aireación e iluminación.
- ✓ Puede aplicarse en la poda de rejuvenecimiento de olivares intensivos que debido a la edad, exceso de volumen de copa e iluminación deficiente, han envejecido prematuramente.

Las intervenciones de poda mecánica deben ser severas, eliminando con la podadora casquetes esféricos de 0,75 a 1 m. si se trata de árboles grandes, tanto en los cortes horizontales como verticales. Dejando posteriormente periodos de tiempo de tres o cuatro años sin intervenir de nuevo con la máquina, para reconstituir el árbol sobre las brotación vigorosas producidas, y poder rentabilizar productivamente los crecimientos que se han producido como consecuencia de los cortes realizados con la máquina.

Como se dijo anteriormente, es imprescindible alternar la poda mecánica con elementales intervenciones manuales en el interior del árbol, aclarando la copa y evitando llegar a situaciones límite en las que el olivo pueda dejar de producir.

6. ELIMINACIÓN DE LOS RESTOS DE PODA

En las operaciones de poda mecánica en plantaciones de marco tradicional, realizadas cada tres años, se pueden llegar a producir aproximadamente entre 25 y 30 kg por árbol, incluyendo ramas gruesas, ramón y hojas. Generalmente se acepta la denominación de leña para las ramas de diámetro superior a 4 cm y ramón para el resto de material de poda, hojas y ramas de diámetro inferior a 4 cm.

La utilización o aprovechamiento de estos subproductos, fundamentalmente la leña, puede constituir una fuente adicional de ingresos complementarios que contribuiría a la mejora de la rentabilidad de las explotaciones oleicas. Bien es cierto que el éxito económico depende mucho de las posibilidades de mecanización del manejo de los mismos para obtener un producto en buenas condiciones de uso, siguiendo procesos que supongan un coste añadido bajo y, así, resultar competitivo respecto a los productos que pueda sustituir.

El material procedente de la poda debe eliminarse del campo cuanto antes, ya que las ramas cortadas son el lugar de puesta preferido por el *barrenillo* y la permanencia de éstas en el campo contribuiría a la expansión de esta plaga. Al igual que dificulta el libre acceso por las calles para el resto de labores de cultivo. Aunque estos problemas desaparecen triturando los restos de poda, y enterrándolos o bien, simplemente dejándolos sobre el suelo.

Otras utilidades de las distintas fracciones del material procedente de la poda, leña y ramón, pueden ser: la utilización en la industria de la madera, en la alimentación animal o bien como combustible.

✓ Leña

En plantaciones de alta densidad, los restos de leña son mínimos.

Se puede utilizar para: calefacción (tiene poder calorífico de 14.000 kJ/kg), producción de aglomerados, uso de astillas para celulosa, papel de embalaje, cartón compacto, etc.

✓ Ramón

Una práctica muy extendida es la quema de los ramones, una vez separados de la leña, operación que requiere el amontonado previo.

Esta operación, que debe realizarse en condiciones de ausencia de viento, resulta muy delicada por el riesgo de producir quemaduras en los olivos, sobretodo en plantaciones de alta densidad.

Actualmente la quema de restos de poda está muy controlada, por lo que antes de realizar la quema se debe pedir permiso al organismo competente en esa materia.

Otra práctica muy utilizada es el triturado e incorporación al suelo. Con máquinas trituradoras o picadoras, semejantes a las desbrozadoras de martillos pero más reforzadas, que, actuando sobre el ramón previamente amontonado en el centro de la calle de cultivo, realizan un picado basto y lo dejan esparcido sobre el suelo. Son máquinas suspendidas al tractor y disponen de mecanismo de intensidad de picado y que finalmente lo depositan en el suelo el material triturado.

✓ Aprovechamiento en alimentación animal

Ofrece dos posibilidades para su manejo: empacado directamente o sometiénolo a procesos de picado y separación.

7. ÉPOCA DE PODA

No existe una época concreta adecuada para la poda, puesto que existen muchos tipos de poda y de plantas.

Pero sí existen épocas en las que no es conveniente podar:

- ✓ Durante la brotación primaveral, cuando la planta está brotando, pues moviliza una gran cantidad de reservas que desaparecerán con el corte, a la vez que las hojas en formación que deberán ser sustituidas.
- ✓ En otoño, con la caída de la hoja o periodo de bajada de la savia, cuando la planta recoge todas las sustancias útiles de las hojas y las acumula en zonas de reserva del tronco, ramas y raíces, preparándose para pasar el invierno en estado de reposo; si se somete a poda, este acopio de reservas no se puede llevar a cabo y la salud de la planta se verá comprometida durante la brotación primaveral.

En invierno las plantas caducifolias paran su actividad, incluido el cierre de las heridas y su compartimentación (mecanismos de defensa). Al no circular la savia, tampoco hay sangrado. También la paran o disminuyen muchos patógenos.

La mayoría de las reservas están acumuladas en sus troncos y raíces, que son respetados en las podas. Sus ramas están desprovistas de hojas, generalmente, lo que hace que se pueda ver bien la disposición del ramaje y se trabaje mejor. Los cortes en esta época tienen un efecto estimulante de la vegetación. Además es una época de menos trabajo para el agricultor.

En primavera-verano el cierre de heridas y la compartimentación son más rápidas, pero los patógenos tienen unas condiciones más favorables, en general, para su desarrollo. Al estar la savia circulando, se produce mayor sangrado. Las reservas se encuentran casi todas en las hojas, por lo tanto la poda las reduce de forma muy importante. Además esta presencia de follaje dificulta el trabajo. Los cortes en esta época tienen un efecto inhibitorio de la vegetación. Por otro lado es época de más trabajo en la plantación.

El olivo es un árbol perennifolio, aunque reduce su actividad en el invierno, nunca está totalmente en reposo. Por ello se podría podar en cualquier época.

Sopesando pros y contras de la poda en ambas épocas se puede concluir que la poda del olivo se debe hacer:

- ✓ Poda estival o en verde, cuando se trate de podas moderadas que no representen la eliminación de más del 10-15% del follaje. Son técnicas tales como podas de formación, eliminación de ramas bajas, pinzados, etc.
- ✓ Poda invernal, seca o a savia parada, cuando se necesite hacer podas más fuertes. Es además conveniente hacerla justo antes del periodo vegetativo (inicio de la primavera-final de invierno) porque así comenzarán cuanto antes los mecanismos defensivos del árbol. Es la poda de producción y se realizara a finales de Febrero, Marzo e incluso Abril, en nuestra zona.
- ✓ Por supuesto que la eliminación de ramas muertas o muy dañadas, se puede realizar en cualquier momento.

8. MAQUINARIA Y HERRAMIENTA DE PODA

8.1. Poda manual. Herramientas de poda

8.1.1. Tipos de herramientas

Una buena herramienta y en buen estado es fundamental para realizar bien la poda. Existen diversas herramientas para podar, las más comunes son:

- ✓ Tijeras de perfilar o cortasetos. Pueden ser de cuchillas rectas u onduladas; las primeras son más fáciles de afilar, las segundas cortan mejor. No se deben cortar con ellas ramas de más de 1 cm.
- ✓ Hachas o seguretas. Las de podar son de pequeño tamaño, para usar con una sola mano. Se usa mucho en la poda de frutales.
- ✓ Cuchillos de podar. Son cuchillos o navajas generalmente con el filo curvo.
- ✓ Sierras. Se usan para cortar ramas de cierto grosor. Su corte no es tan limpio como el de las tijeras, pero cortan ramas de grosor imposible para ellas. Pueden ser manuales o mecánicas (motosierras).

Las sierras manuales pueden ser de dos tipos: Serruchos, con dientes especiales afilados sólo en un sentido, de forma que sólo cortan en el movimiento de retroceso. Tienen el inconveniente de que no se pueden afilar. Y sierras de podar, con dientes cruzados, cortan tanto en el movimiento de avance como en el de retroceso y suelen tener forma curvada. Estas últimas tienen más tendencia a atascarse por el corte que los serruchos, pero por el contrario se suelen poder afilar.

Por otra parte existen las sierras mecánicas o motosierras que para la poda del olivo y otros frutales suelen ser de pequeño tamaño.

✓ • Tijeras de podar.

Según el tamaño se pueden dividir en de una mano para cortar ramas finas hasta 2,5 cm de diámetro y de dos manos que cortan ramas de hasta 4-5 cm.

Según el tipo de corte las tijeras pueden ser de dos hojas o pico de loro que poseen dos hojas cortantes y son poco comunes. Otro tipo son las de yunque o golpe que realizan un corte de tipo tirante y que tienen una sola cuchilla que corta contra otra parte fija (yunque). Y por último las de paso o by-pass, las cuales tienen una sola cuchilla, pero ésta corta cruzándose sobre la parte fija o contracuchilla.

✓ Además de estas tijeras manuales existen otras de mecanismo neumático o eléctrico.

Las de mecanismo neumático llevan un compresor que normalmente se lleva acoplado al tractor y provee de aire a varias tijeras.

Por otra parte las de mecanismo eléctrico vienen provistas de una batería que se coloca en el operario en forma de mochila.

Se usan mucho en la poda de frutales y de viña, por el ahorro de esfuerzo y manejabilidad para el podador.

8.1.2. Uso y mantenimiento

El que las herramientas estén en perfecto estado redundará en beneficios para la planta (cortes limpios, menos peligro de infecciones) así como para el operario que se cansará menos y podrá rendir más horas de trabajo.

Al finalizar cada jornada de poda se debe proceder a limpiar las herramientas y desinfectarlas. Se limpian con agua y jabón, pero en caso de restos de resina se puede usar alcohol o mejor gasoil, que además sirve de lubricante y antioxidante. Luego se deben secar bien (en el caso del agua) y lubricar con aceite si fuera necesario.

Además se comprobará el afilado, dando siempre unos pases con la piedra de afilar. Conviene recordar que mientras cuchillos, sierras y hachas se afilan por los dos lados de la cuchilla, en las tijeras sólo se hace por el externo (el lado que no toca con la otra cuchilla o contracuchilla).

Después del uso y preferentemente cada vez que cambiemos de olivo es conveniente desinfectar las cuchillas o en todo caso, siempre después de cortar partes enfermas. Como desinfectante se puede usar alcohol, lejía diluida o cualquier desinfectante comercial o incluso fungicidas. En la práctica lo más usado es la lejía, a pesar de oxidar las partes metálicas. Por ello se debe luego aclarar bien y secar la herramienta.

Cuando las herramientas no van a ser usadas en una temporada, hay que limpiarlas desinfectarlas y engrasarlas, incluso dándoles por todas las partes metálicas y especialmente por la de corte aceite, para evitar que se oxiden. Se deben guardar en un sitio sin humedad.

8.2. Poda mecánica. Podadora de discos

La podadora de discos se desplaza por el centro de las calles y realiza cortes indiscriminados de la copa del árbol, ya sea paralelo, perpendicular o con cierta inclinación respecto a la superficie del suelo.

El sistema de corte está constituido por un brazo rígido en el que están colocados los discos dentados de acero que se encargan de efectuar el corte de las ramas que se encuentran a su paso. La altura aconsejable de los casquetes esféricos eliminados debe ser de 0,75 a 1m, tanto en los cortes horizontales como verticales.

9. ELECCIÓN DEL TIPO DE PODA EN NUESTRO CASO CONCRETO

En este Proyecto concreto estamos hablando de una plantación de olivos de 4*1,5 metros en un terreno de fertilidad media y regadío sin restricción de agua, con variedad Arbequina y recolección mecánica mediante vendimiadora.

Estamos hablando de poda, aspecto que no se puede ni definir ni dimensionar como el riego o las construcciones. Por lo tanto se habla de criterios, planteamientos, tendencias, intenciones,... y especialmente de errores a evitar. Todo ello sabiendo que:

-
- ✓ Se tendrá que cambiar la forma y/o intensidad de las intervenciones de poda, en función de:
 - La respuesta que obtengamos de cada acción.
 - La cosecha del año anterior.
 - Los años de la plantación.
 - Los problemas que puedan presentarse (roturas de ramas, y demás).
 - La mano de obra disponible.
 - ✓ Habrá que estar siempre atentos a los problemas que surjan y a los que podamos prever y dar soluciones al respecto

La bibliografía técnica no aporta nada que no sean principios generales de poda puesto que este tipo de plantaciones es tan reciente que no se tienen aún experiencias suficientemente contrastadas. Pero en principio y como planteamiento inicial adoptamos lo siguiente.

9.1. Poda de formación

Se intentará formar los olivos de la forma más sencilla, más rápida y con las menores intervenciones posibles. Serán en la medida de lo posible árboles con eje central de unos 2 metros de altura y 1-1,20 metros de diámetro, con unos 30-40 centímetros de altura libre desde el suelo, de forma parecida a un cilindro, sin presencia de ramas gruesas y desequilibradas.

Para lograrlo haremos:

- ✓ Mantener el eje siempre sujeto al tutor.
- ✓ Si el eje central se estropea, rompe, seca o hiela se repondrá por la rama mejor situada y con mayor verticalidad que pueda utilizarse como nuevo eje central.
- ✓ Eliminaremos o rebajaremos las ramas bajas, las dominantes, las destacadas, las muy verticales... pronto para hacer heridas pequeñas y para equilibrar.
- ✓ No dejar crecer en exceso la anchura del árbol, por lo que se deberá eliminar las ramas más vigorosas con la dirección hacia el centro de la calle del cultivo.

Evitaremos:

- ✓ Conducir el árbol en "mata" de varias ramas.
- ✓ Despuntar el eje central por debajo de 1,80 m.
- ✓ Dejar más de un eje, aunque estén en línea con el seto.
- ✓ Dejar un tronco limpio de más de 30-40cm.
- ✓ Conducir la plantación en palmeta u otra formación similar puesto que se tratan de formaciones con fuerte necesidad de mano de obra.
- ✓ Obsesionarnos con alcanzar una forma perfecta. Sólo se busca una forma equilibrada y funcional, a la vez que una copa lo más voluminosa posible pero a la vez aireada e iluminada.

9.2. Poda de producción

Una vez alcanzado el desarrollo y la producción plena se intervendrá lo mínimo imprescindible para:

- ✓ Contener el tamaño del árbol tanto en altura como anchura, por lo que se deberá eliminar o recortar toda rama que sobrepase las dimensiones.
- ✓ Quitar ramas secas, heridas por la recolección o las labores.
- ✓ Airear y aclarar donde y cuando la vegetación lo requiera.

Como se ha comentado anteriormente se debe de conseguir el máximo volumen de copa posible, el máximo de ramos fructíferos y la mayor cantidad de hojas pero hasta un cierto punto, ya que un excesivo follaje y vegetación repercute negativamente en cuanto a la iluminación del propio árbol, de las líneas de cultivo contiguas y a la aireación de los mismos.

Lo que se debe evitar a toda costa es despuntar el eje central por debajo de una altura de 180 centímetros, no modificar la poda de formación libre en eje central y hacer pocos cortes pero grandes, porque se avanza mucho podando pero se elimina mucha masa vegetal produciendo un desequilibrio en el árbol.

En momentos de poda en los que se duda la intervención, más vale quedarse corto que pasarse con la poda puesto que se podrá actuar nuevamente en un futuro. Si se pasa con los cortes no existe vuelta atrás y probablemente se produzca un desequilibrio en el árbol a la vez de una reducción de la producción.

9.3. Poda de rejuvenecimiento

Puede parecer raro que se plantee el rejuvenecimiento en una forma de conducción del cultivo de alta densidad en espaldera, que es tan reciente. Pero es que una de las críticas que se le hace desde un plano teórico y una de las incógnitas todavía no resueltas es si se podrá mantener el tamaño reducido de los olivos para poder ser vendimiado o si aun manteniéndose a base de podas, se mantendrá la producción y la posibilidad de vendimiar árboles con troncos y ramas gruesas y envejecidas.

Habrà que estar atento a todo y observar el comportamiento de las plantaciones de este tipo que actualmente se encuentran en pleno desarrollo. No parece muy descabellado que pueda rejuvenecerse estos olivos simplemente talándolos a 10-30 centímetros del suelo y confiando en su gran capacidad de rebrote, utilizar uno de estos "chupones" como nuevo eje central. Podría pensarse en hacerlo escalonadamente, es decir realizar esta labor en un tercio o en un cuarto de la explotación cada año, para así repartir el trabajo y homogeneizar las cosechas.

Puestos a hacer hipótesis cabe incluso enfocar el rejuvenecimiento a la vez que se cambia la forma de conducción del cultivo tendiendo a árboles grandes, tipo explotaciones tradicionales con formación en eje central más amplio o en vaso, con un marco de plantación de 8*45 metros. Se talará a unos 30 centímetros del suelo uno de cada tres árboles realizando esta labor en filas escalonadas, es decir, una fila sí y otra no. Del árbol talado surgirá un renuevo en tallo alto que será el futuro ente de la renovada explotación. No será necesario arrancar el resto de árboles al mismo tiempo que se realiza la tala de renovación, ya que estos árboles podrán seguir produciendo uno o dos años mientras no estorben a la nueva formación.

Por último la poda de renovación que seguirá la explotación será realizar un rejuvenecimiento continuo de los árboles desde que se haya llegado al volumen de copa y dimensiones ideales. Así se alargará la edad de los árboles en donde se deberán realizar labores de rejuvenecimiento más drásticas, como las anteriormente descritas. Este tipo de poda se basa en la sustitución escalonada en el tiempo de ramas de más de dos y tres años por nuevas.

9.4. Época de podas

Como norma general, en el presente Proyecto se piensa podar fundamentalmente en parada (aunque no total) vegetativa o poda de invierno, que conviene hacerla tarde, cerca del periodo vegetativo, en nuestra zona a final de febrero y marzo e incluso a principios de abril.

Se puede complementar, en caso de ser necesario, con algunos pases ligeros y rápidos en verano. Será necesario durante el periodo de formación y en algún otro caso especial.

9.5. Poda mecánica

Hasta ahora se piensa en una poda manual, pero como puede que el desarrollo de los árboles sea tan fuerte que resulte difícil de contener su tamaño con intervención de tijera, o costoso o que no exista mano de obra disponible. Se podría practicar perfectamente una poda mecánica de corte vertical y horizontal, seguida eso sí de un repaso y arreglo manual.

Este corte mecánico no podría hacerse todos los años, sino cada varios, como puede ser 3 ó 4, dependiendo del desarrollo. Podría probarse, un año un corte horizontal a 2m y otro vertical a 0,5m del eje del árbol, pero uno solo, a un solo lado del seto y observar cómo se comporta; y a los 2 años, otra vez un corte mecánico por arriba y por el otro lado. Entonces habrá que decidir si se continúa con esta técnica o se distancian en el tiempo, entre otros factores. En definitiva, se propone investigar in situ las mejores técnicas de poda, y escoger la que mejor se adapte a nuestra plantación.

Se opta por probar a partir de la décima campaña y cada tres años realizar una poda mecánica con una podadora de discos giratorios para el control de la anchura y altura de los árboles con un posterior pase de poda manual. Si se observa que los resultados obtenidos no son ideales se desechará esta idea y se continuará con una apoda completamente manual. Además se barajará esta opción dependiendo del costo económico de la labor.

9.6. Eliminación de los restos de poda

Lo más sencillo, práctico y rápido y seguramente lo más barato es un pase con una desbrozadora de martillos tras la labor de poda (primavera). Esta labor nos realizará una siega de la cubierta vegetal a la vez que reduce los restos de poda a astillas de pequeño tamaño. De esta forma no constituye un riesgo de reproducción de plagas, reduce la erosión del suelo y a posteriori aumentará el contenido de materia orgánica del suelo.

Cuando en la poda se realicen cortes a ramas de alto grosor es preferible sacar manualmente estos restos de las calles de cultivo por la dificultad y la probabilidad de avería que pueda ocasionar en la desbrozadora de martillos.

ANEJO 8 FERTILIZACIÓN PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

El abonado tiene por objetivo satisfacer las necesidades nutritivas de las plantas cuando los nutrientes necesarios para su crecimiento no son aportados en cantidades suficientes por el suelo. Pero no debemos olvidarnos nunca de que es también muy importante provocar la actividad de los microorganismos del suelo.

Todas las plantas necesitan los mismos elementos nutritivos, que normalmente encuentran en la solución del suelo, pero como es fácil de entender, existen diferencias sustanciales en los requerimientos entre plantas distintas así como en la fertilidad de los diferentes suelos.

Las plantas perennes y leñosas, como el olivo, se diferencian de las anuales en que aquéllas permanecen vivas durante más tiempo que las anuales, por lo que deben disponer de órganos de reserva que les permitan sobrevivir incluso bajo las condiciones desfavorables. Cuando los condicionantes ambientales favorecen la absorción de nutrientes, los toman y los almacenan en sus órganos de reserva para su posterior utilización; por ello las prácticas de fertilización son diferentes entre las especies perennes y las anuales.

En el caso concreto del olivar, es también comprensible que las necesidades de un árbol joven son distintas que las de un árbol adulto, y las de un olivar plantado en suelo fértil diferentes a las de otro plantado en un uno pobre.

Las propiedades referentes a la fertilidad de los suelos pueden, asimismo, alterarse gradualmente como consecuencia del cultivo del mismo. Por consiguiente, sería de poca lógica dar una práctica de fertilización general para toda la vida de la plantación. Porque el suelo también se desarrolla de forma paralela a la plantación, por eso se recomienda realizar análisis de suelo cada 3-4 años, para evitar posibles deficiencias o excesos en la fertilización que estamos aplicando.

Además se da prioridad a un método de fertilización de "agricultura de conservación", limitando el uso de fertilizantes inorgánicos y potenciando las enmiendas orgánicas y la incorporación de restos de poda.

2. DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES NUTRITIVAS DE UN OLIVAR

Un abonado racional debe aportar tan solo los elementos nutritivos que requieran los árboles en un momento determinado y únicamente cuando existan pruebas de que esas deficiencias son precisas.

Una prueba de la existencia de necesidades nutritivas no satisfechas es la aparición de síntomas en el árbol asociados a deficiencias o excesos de un elemento. Expertos pueden identificar el desequilibrio nutritivo por el síntoma que presenta. Sin embargo la ausencia de síntomas, no indica necesariamente un estado óptimo de nutrición y de hecho, los síntomas aparecen cuando existen desórdenes graves y la producción ha sido afectada negativamente. Pero además, pueden ocurrir dos o más deficiencias simultáneas así como otros factores no nutricionales, como plagas, enfermedades, condiciones desfavorables del suelo, cuyos síntomas a veces son indistinguibles de los producidos por desequilibrios nutricionales. El diagnóstico no se hace difícil, si no prácticamente imposible.

Por otra parte la aparición de un síntoma de deficiencia no indica necesariamente que el elemento no exista en el suelo o incluso en la planta.

Existen muchos factores en el medio que pueden afectar a la disponibilidad o utilización del nutriente, entre ellos el exceso de otro elemento nutritivo que interacciona con él.

La aparición del síntoma de la deficiencia de un elemento no indica, pues que el elemento deba aplicarse forzosamente para corregir el desorden.

Con el fin de evitar llegar a una situación de este tipo se deberán realizar análisis de suelo cada 3-4 años y de esta forma, decidir si se modifica la estrategia de fertilización. En el presente anejo se dará una práctica de fertilización según simulación de análisis tipo de suelo basada en analíticas de parcelas cercanas a la nuestra.

A parte de la analítica, hay que tener en cuenta las extracciones del olivar en sus diferentes etapas de producción, pero no debe ser invariable a lo largo del tiempo que dura la plantación, sino que puede ser modificada según los criterios del técnico durante el seguimiento anual del cultivo.

Además hay otro tipo de análisis, para determinar las necesidades nutritivas del olivo que sería aconsejable utilizar una vez que la plantación esté completamente instalada, al cuarto o quinto año, o si se observara la aparición de síntomas de desnutrición en el árbol. Este método al que nos referimos es el análisis foliar. Se trata de un análisis químico de una muestra de hojas de los árboles y constituyen el mejor método de diagnóstico del estado nutritivo de la plantación. Es muy útil para identificar desórdenes nutritivos; para detectar niveles bajos de nutrientes antes de que aparezcan deficiencias perjudiciales; para medir respuestas a los programas de fertilización; y para detectar toxicidades causadas por elementos como el cloro, el boro o el sodio, que deben ser confirmadas con el agua del riego, en su caso. En definitiva, es una alternativa mucho más exacta para asegurar la fiabilidad del programa de fertilización que está aplicando.

Elementos esenciales

Como regla general, un elemento únicamente debe aportarse en forma de abono cuando el nivel en suelo es deficiente para las extracciones de la planta (si se aplicaran análisis foliares, conoceríamos el nivel exacto de ese elemento en el olivo, que es lo que nos interesa, de esta forma, se sabría si realmente es necesario el aporte mediante abonos o no y en la cantidad exacta.)

A continuación se enumeran y explican los diferentes elementos necesarios para el cultivo del olivo.

2.1. Nitrógeno

Es el elemento que se requiere en mayores cantidades y ha constituido tradicionalmente la base de la fertilización del olivar. La deficiencia de nitrógeno produce unos síntomas en hoja caracterizados por una pérdida generalizada de clorofila, que da lugar a una clorosis inespecífica en el limbo. La dosis óptima de cada plantación depende del tamaño del árbol, de su nivel productivo y del medio de cultivo, y se ajusta en base a la realización de análisis de suelo (aunque se aconseja que tras el tercer año de plantación se realicen análisis foliares puesto que permiten una maximización en el uso de fertilizantes).

El nitrógeno forma parte de las proteínas, estando en los nucléolos de las células, siendo fundamental para el crecimiento de los tejidos. Aumenta la cantidad de clorofila y la capacidad de asimilación de otros nutrientes. Es el promotor de la reproducción celular, por lo que es imprescindible en todas las fases de crecimiento, en especial desde el desborre hasta el endurecimiento del hueso.

Una correcta alimentación de nitrógeno aumenta la longitud y el número de brotes, el número de inflorescencias por brote, el número de flores fértiles por inflorescencia y finalmente el número de frutos cuajados por olivo, por lo que afecta de forma directa a la producción de cultivo. La adecuada alimentación de nitrógeno depende en gran medida de las disponibilidades de agua en el suelo, por lo que es importante su aplicación en el agua de riego.

El exceso de abonado nitrogenado es normal en buena parte del olivar, y tiene repercusiones negativas en el árbol ya que se puede mostrar más sensible a las heladas y más susceptibles a la acción de las plagas y enfermedades; asimismo, puede dar lugar a desórdenes fisiológicos que afecten a la calidad del fruto.

La eficiencia del uso del nitrógeno (EUN) es la cantidad de nitrógeno absorbida por la planta dividida por la cantidad total de nitrógeno aplicado por la cantidad total de nitrógeno aplicado en forma de abono. Este valor fluctúa entre el 25 y el 50% para los cultivos, lo que indica que la mayoría del nitrógeno aplicado como abono se pierde, y buena parte de él contribuye a la contaminación de las aguas. En la práctica de la fertilización es necesario tomar medidas para mejorar la EUN. Para ello, hay que tener en cuenta en primer lugar que la EUN disminuye si se aplica nitrógeno en suelos que contienen cantidades adecuadas de nitrógeno disponible para las plantas; en consecuencia, al decidir las dosis de nitrógeno aplicar, hay que tener en cuenta otras fuentes de nitrógeno disponibles ajenas a los abonos como por ejemplo, la que puede aportar el agua de riego. También afecta a la EUN, la vecería. Aunque no está cuantificado, se ha observado que la capacidad de absorción de nitrógeno en los años de descarga aumenta y el árbol aprovecha para almacenar el nutriente en sus órganos de reserva para su posterior utilización en sus años de carga.

La época de abonado también afecta a la EUN siendo menor en invierno, cuando el árbol está en reposo. Por eso, el nitrógeno debe aportarse al suelo a finales de invierno.

2.2. Potasio

Las causas de deficiencia del potasio son diversas, y se destacan las siguientes:

- ✓ Suelos pobres en potasio.
- ✓ Temperatura del suelo
- ✓ Humedad del suelo
- ✓ Carga del árbol
- ✓ Interacciones con calcio y magnesio

Otra causa puede ser, que si el amonio es la fuente principal de abonado nitrogenado, éste interfiera en la absorción del potasio.

Los síntomas de deficiencias de potasio en el olivo se pueden confundir con los producidos por la falta de boro.

El potasio se encuentra principalmente en las vacuolas celulares de forma iónica, muy móvil y permite la acumulación de la energía asimilada en forma de hidratos de carbono y grasas.

Influye además en los procesos de respiración, movimiento del agua en la planta y en la regulación de la apertura y cierre de los estomas. Ello hace que árboles con deficiencia en potasio puedan ser más sensibles al frío, la sequía y al ataque de hongos, acumulándose en los mismos las grandes cantidades de este elemento.

Los árboles en los que el contenido de potasio en hoja es adecuado, la fertilización potásica, por fertirrigación de forma fraccionada, no proporciona aumentos en la producción.

Las extracciones de potasio por los frutos es elevada, máxima al final del invierno, cuando se retrasa en exceso la fecha de recolección. Es esta una de las razones para recomendar la recogida temprana de la aceituna, cuyo retraso no aporta ningún beneficio y aumenta las extracciones de K por los frutos.

Debe evitarse que se produzcan deficiencias graves en este elemento, en especial con bajos niveles de potasio asimilable, puesto que una deficiencia severa es difícil de recuperar y solo suele superarse después de varios años de aportación continuada. Es necesario tener especial cuidado en los años de grandes cosechas, debido a las grandes extracciones de este elemento por la planta, por lo que en estos años es recomendable su aportación, incluso cuando la concentración en hoja en el mes de julio es adecuada. Sin embargo, esta opinión debe de ser contrastada experimentalmente, ya que en años de enormes cosechas y en determinadas variedades, las aportaciones masivas de potasio no han sido capaces de resolver el problema de las temporales deficiencias aguda de este elemento.

2.3. Fósforo

El fósforo es un elemento fundamental para la vida del vegetal. Es indispensable para la división celular y el desarrollo de los tejidos meristemáticos, estando íntimamente ligado al transporte de la energía captada por la fotosíntesis, en la que se produce la fijación del carbono.

El P lo absorbe la planta únicamente en la forma iónica de ácido ortofosfórico, después de una oxidación laboriosa a la que llega después de una lenta disociación de los fosfatos de calcio, hierro y aluminio que se hallan en las reservas naturales del suelo o bien que se encuentran en este por la adición de abonos fosfatados.

Cuando un suelo tiene un pH elevado, existen fosfatos de calcio de muy lenta liberación y fosfatos tricálcicos insolubles. Al aportar P al suelo puede haber fijación irreversible del mismo, siendo al P orgánico el más fácilmente movilizable por mineralización del humus. La dificultad de asimilación de suelos calizos puede estar en parte compensada por la simbiosis de las micorrizas.

Son muy poco frecuentes los casos de deficiencia o carencia de fósforo en olivar, habiéndose observado en ocasiones bajos contenidos de P en hoja en suelos ácidos, que puede corresponder con bajos contenidos de fósforo asimilable en el suelo. En suelos calizos también se ha encontrado muchos olivares cuya concentración está próxima o muy poco por debajo del umbral de suficiencia.

2.4. Calcio

Buena parte del olivar español se encuentra sobre suelos calizos de reacción alcalina, lo que ha hecho difícil encontrar deficiencias de calcio en los olivares.

Son más comunes los problemas por exceso de calcio que pueden provocar deficiencias en potasio (K) y magnesio (Mg), pues estos tres iones interactúan entre sí en el complejo de cambio del suelo.

2.5. Magnesio

La deficiencia de magnesio en el olivar es muy rara. Puede ser inducida por altas concentraciones de potasio (K), calcio (Ca) y amonio (NH_4^+) en el suelo, pues el magnesio es el peor competidor de esos iones.

2.6. Hierro

Solo los síntomas visuales de clorosis férrica sirven para diagnosticar la deficiencia de hierro. La carencia de hierro es frecuente en algunas zonas del olivar andaluz, en particular en olivares establecidos sobre suelos muy calizos que muestran los típicos síntomas de clorosis en hojas, un crecimiento pequeño de los brotes, y una disminución drástica de la producción.

La corrección de la deficiencia de hierro es muy difícil y costosa mediante las aplicaciones tradicionales de compuestos ricos en hierro, tanto al suelo como vía foliar. El único método efectivo de corregir este problema nutritivo es mediante inyecciones al tronco de los árboles en la forma descrita por Fernández-Escobar et al. (1993). De esta forma, se ha conseguido mediante un solo tratamiento reducir la deficiencia de hierro por más de cuatro años en olivares fuertemente afectados de clorosis férrica.

2.7. Magnesio, cinc y cobre

Se conoce muy poco sobre los requerimientos del olivo en estos tres elementos, por lo que no se tiene experiencia sobre los métodos de control. En estudios realizados sobre los niveles de estos elementos en hojas, éstos resultan muy elevados debido pues estos elementos forman parte de los tratamientos fungicidas del olivar.

2.8. Boro: elemento clave en el olivo

En el cultivo del olivar estamos todavía lejos de un conocimiento total en cuanto a las necesidades nutricionales, pero en lo que respecta al boro, la compañía Borax España S.A. junto con multitud de agricultores y técnicos del sector, disponen de experiencias desde hace años que avalan la necesidad de aplicar boro al olivo para obtener un buen cuajado de los frutos y por tanto, altos rendimientos del olivar.

En nuestro país las aplicaciones de "Fertibor" o "Solubor" al olivo han sido espectaculares. En estos momentos son varios millones de olivos los que ya han sido tratados con alguno de estos productos con excelentes resultados.

Las causas de carencia de boro pueden venir dadas por:

- ✓ Falta de boro en el suelo
- ✓ Bloqueo del boro del suelo por parte del calcio
- ✓ Falta de asimilación de boro debido a la sequia
- ✓ Dificultad de asimilación en suelos con $\text{pH} > 7$
- ✓ En suelos arenosos, pérdidas de boro por lavado

El boro es un elemento esencial para el crecimiento, ya que actúa en la diferenciación meristemática. Por tanto, lograr un correcto crecimiento, tanto foliar como radical, vendrá influenciado en gran medida por este elemento.

Además el boro juega un papel imprescindible en el cuajado de los frutos. Esto significa que para lograr altas producciones, el boro tendrá una influencia total. Esta influencia viene dada por el efecto que tiene sobre la formación del tubo polínico. Si éste no se forma correctamente, la fructificación no se produce con normalidad.

Hay también un efecto del boro a tener muy en cuenta, referente a su función como factor limitante de la absorción de otros elementos. De ello se deduce que la presencia de boro en la planta, en cantidades óptimas, es imprescindible para que éste tenga una nutrición equilibrada.

Los síntomas más comunes de carencia de boro en el árbol son los siguientes.

- ✓ Muerte progresiva: La deficiencia en boro en el olivo produce una muerte progresiva característica, acompañada de caída de hojas.
- ✓ Síntomas foliares: Se manifiesta en las hojas jóvenes por una amarillez que se extiende hasta la mitad ó 2/3 partes de la hoja. Luego la decoloración aumenta hasta morir la hoja.
- ✓ En los frutos: Si la deficiencia en boro es poco intensa, el árbol madura muy pocos frutos. Si la deficiencia aumenta, la mayor parte de los frutos caen prematuramente o se deforman.

De no corregirse la carencia, el árbol cada vez es menos productivo, dando cosechas de calidad progresiva peor, hasta que cesa de florecer o dar frutos e incluso puede llegar a morir.

De nuevo conviene insistir en que el análisis de las hojas es imprescindible para diagnosticar problemas nutritivos antes de realizar cualquier tratamiento. En caso de deficiencia diagnosticada, ésta es fácil de corregir aplicando entre 25-40 gramos de boro por árbol al suelo. En suelos calizos con $\text{pH} > 8$ y en secano, es preferible la aplicación foliar de productos solubles a una concentración de 0,1% de boro antes de la floración.

La disponibilidad de boro por las plantas disminuye en condiciones de sequía y conforme aumenta el pH del suelo, particularmente en suelos calizos. Estas condiciones del medio son más frecuentes en el olivar y explican las deficiencias encontradas en ese elemento y en consecuencia que las aportaciones de boro como elemento fertilizante sean normales.

Un problema adicional es que el boro aplicado en exceso es un ión tóxico, que puede incluso acarrear la muerte de plantas de olivo, en particular las jóvenes (Benlloch et al., 1991).

2.9. Sodio y cloro

El exceso en la solución del suelo de estos dos iones , igual que sucede con el boro, puede causar toxicidad en las plantas. Afortunadamente el olivo es una de las plantas leñosas más tolerantes a la salinidad, siendo posible su cultivo en suelos en los que otras especies frutales no podrían crecer y ser regado con aguas cuyo contenido en ClNa es limitante para el cultivo de esas especies. No obstante, es conveniente controlar el contenido de esos iones en hojas cuando el olivo se cultive bajo condiciones de estrés salino.

Si se encontrasen muestras con altos contenidos en sodio y cloro, es necesario analizar el agua de riego y la solución del suelo al objeto de diagnosticar el origen de la salinidad. Si esta en el agua de riego, al cambio de la misma solucionaría el problema; si la causa del exceso de estos iones esta en el suelo, hay que proceder a un lavado de las sales aumentando el volumen de riego.

Los olivos sometidos a este problema no muestran síntomas visuales con facilidad, sino una reducción del crecimiento difícil de apreciar precozmente por la simple observación visual. La reducción de la potencialidad productiva de los arboles asociada a esos problemas, no es fácil de relacionar con un exceso de sales a no ser mediante la realización de los correspondientes análisis.

3. INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL ACEITE OBTENIDO

En algunos estudios realizados se ha analizado tanto la incidencia de los abonados en el peso de la aceituna como en el rendimiento graso.

Cabe indicar, de forma general que al aumentar la producción de aceituna los rendimientos grasos no descienden sensiblemente, por lo que al aumentar la producción de aceituna aumenta también la producción de aceite por hectárea.

En lo que respecta a la calidad del aceite se puede decir que en general, la fertilización no tiene influencia sobre la calidad del aceite obtenido.

En cuanto a la composición de ácido puede decirse:

- ✓ Los valores de ácido palmítico son normalmente algo inferiores para aceites obtenidos con fertilización nitrogenada. Igual tendencia aunque con menor constancia, se observa para el ácido linoleico. En cuanto a las proporciones de esteárico y oleico son más constantes tanto con fertilización nitrogenada como sin ella.
- ✓ Al utilizar fósforo como fertilizante se observa un ligero aumento de los contenidos de palmítico y lo mismo ocurre al utilizar potasio.

En conclusión, se puede decir que no existe una influencia manifiesta de la fertilización en la composición de los ácidos grasos de los aceites, cuya proporción viene definida por la variedad del olivo, por el medio y modificada por el estado de madurez del fruto en el momento de la recolección.

4. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

4.1. Enmienda orgánica

De las analíticas observadas de las parcelas cercanas a nuestra finca, se puede concluir que podría ser válido un nivel de materia orgánica para nuestro suelo de alrededor al 1,6%. Nuestra plantación es de regadío y en la mayoría de la superficie el suelo tiene una textura franca, así que los límites aceptables de materia orgánica, según diversos autores rondan entre el 1 y el 2% de contenido en materia orgánica. En principio, resulta razonable elevar el contenido de materia orgánica hasta el límite superior, siempre teniendo en cuenta que tenemos un nivel de materia orgánica medio, bueno, considerando que el olivo es un frutal muy rústico que se trata de un cultivo no exigente. Se estudia, entonces una posible enmienda orgánica, para elevar el contenido orgánico hasta un 2%.

Considerando que se trata de una plantación de muy alta densidad, y por esto de mucha menor duración en el tiempo que una plantación en ruedos a marcos amplios, como se hace y hacía antiguamente, y que pueden llegar a ser plantaciones centenarias; y por otra parte, teniendo en cuenta que el nivel de materia orgánica del suelo inicial no es en absoluto inferior a lo tolerable por el olivo, no se realizara enmienda orgánica.

Se considera antieconómico, es un gasto excesivo para una operación que no va a aumentar la producción ni tampoco la calidad del producto, y con la que se alcanzarían resultados después de 15-20 años de aplicación, y por lo tanto prácticamente en el final de la vida de nuestra plantación.

En su lugar se realizará un abonado de conservación del nivel de materia orgánica.

4.2. Abonado de conservación

Se buscará, con este tipo de abonado, el equilibrio húmico del suelo cultivado.

Es decir que la materia orgánica que se aporta debe ser la misma que se pierde por mineralización. Y las pérdidas por mineralización son iguales al contenido de materia orgánica del suelo por la velocidad de mineralización (%).

4.2.1. Pérdidas de mineralización

El contenido de m.o. del suelo se calcula de la siguiente forma

$$MO_{suelo}=10^4 * p * p_{ap} * mo_i / 100$$

Donde

p=profundidad del suelo que nos interesa=0,4m

pap=densidad aparente del suelo=1,2 tm/m³

moi=materia orgánica inicial=1,6%

El contenido en m.o. en nuestro suelo es de 76,8 tm de humos/ha.

Si se tiene además una velocidad de mineralización de 1,7%, se obtienen unas pérdidas de mineralización de

$$PM=76,8 \text{ tm humus/ha} * 1,7/100 = 1,31 \text{ tm humus/ha y año}$$

$$1,31 \text{ tm humus/ha} = 10^4 * 0,40 * 1,2 * mo_i / 100$$

$$mo_i = 0,027\%$$

Lo que corresponde a que el nivel de m.o. disminuye en un 0,027% cada año. Se debería aplicar por tanto, para lograr un equilibrio húmico del suelo, 13,1 tm de estiércol/ha y año.

4.2.2. Ganancias de materia orgánica: Incorporación de los restos de poda

Todas las cosechas dejan residuos cuya importancia es variable en función de la planta cultivada y de los rendimientos que se obtienen en la explotación. Además de estos residuos, existen otros restos de vegetación que pueden tener un significado particular como por ejemplo los restos de poda.

Constituyen una fuente de materia orgánica no despreciable. Su importancia es muy variable en función de la especie vegetal, sistema de cultivo y de poda, estado de vegetación, etc. En primera aproximación pueden estimarse estos residuos en 2 a 5 toneladas de material vegetal por hectárea, con un contenido muy elevado en materia seca.

La principal dificultad para la humificación de estos residuos reside en el nivel muy avanzado de lignificación que suele presentar. Por eso se deben triturar con una desbrozadora por ejemplo y después enterrarlos en una época adecuada en contenido de humedad del suelo mediante laboreo. El suelo tendrá unas aportaciones de m.o. de:

$$H = RF * (m.s./100) * K1$$

Donde

H=la cantidad de humus que se aporta en el enterrado

RF = el peso de restos frescos enterrados. En nuestra plantación será de 5 t/ha.

m.s.=contenido en materia seca los restos de poda=75%.

K1=coeficiente isohúmico (0,15)

Tenemos una aportación de: 0,563 tm de humus/ha

4.2.3. Balance húmico

Si las pérdidas por mineralización corresponden a 1,31 tm de humus/ha y se aplican 0,563 tm de humus/ha de los restos de poda, tendríamos que realizar una estercoladura de:

$$\text{Pérdidas-Ganancias}=\text{Aportaciones necesarias}$$

$$1,31-0,563=0,743\approx 0,75 \text{ tm humus/ha}$$

Para equilibrar el balance, esta cantidad de humus equivale a la aplicación de 7,5 tm de estiércol/ha, ya que el valor húmico del estiércol es de un 10%.

Para concluir, se realizarán estercoladuras anuales de 7,5 tm de estiércol de oveja, con el fin de mantener el nivel de materia orgánica en el suelo, a partir del tercer año. Durante los tres primeros años, no habrá cubierta vegetal y los restos de poda se enterrarán a partir segundo año. Por esta razón, los tres primeros años tendríamos que realizar estercoladuras anuales de 7,5 tm/ha. Por facilitar la operación, se realizará una estercoladura de 22,5 tm/ha, en el momento de realizar la plantación, de esta forma se evita realizar estercoladuras copiosas durante los primeros años de plantación., ya que podría dañar los árboles y la operación de enterrado resulta mucho más complicada.

5. FERTILIZACIÓN MINERAL

5.1. Enmienda mineral

No se realiza ninguna abonado de corrección mineral por estar todos los niveles de los elementos dentro de los límites para el olivo, como se estudia en el Anejo 1 suelo.

5.2. Abonado de mantenimiento

Se realiza un abonado de mantenimiento en función de las extracciones del cultivo. El abonado de mantenimiento se realizará también en función de las aportaciones de los diferentes elementos que se aportan con las estercoladuras, que hemos fijado para el abonado orgánico. De esta forma se completará el abonado con abonos mediante el método de la fertirrigación, para que las aspiraciones gracias al estiércol, sean inferiores a los requerimientos por parte del olivo.

Extracción del cultivo

A continuación se presenta una tabla con las extracciones del cultivo, en kg/ha, según el estado fenológico del cultivo y del estado de producción de la plantación.

<i>Estado del cultivo (época del año)</i>	Formación				Producción				Plena producción			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Inicio (marzo-abril)	3	18	3		6	24	6		12	24	12	
Floración (mayo)	6	6		2	12	12		3	16	18		4
Cuaje-engorde (junio)	6		6		12		12		16		16	
Endurecimiento hueso (julio)	6	3	4		10	6	10		12	12	16	
Engorde (agosto)	6	3	4		10	6	10		12	12	16	
Engorde-enero (septiembre- octubre)	3		3		6		18		10		24	
TOTAL AÑO	30	30	20	2	56	48	56	3	78	66	84	4

Valor fertilizante del estiércol de oveja

En estiércol de oveja bien descompuesto tiene los siguientes componentes (en tanto por mil):

H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
775	7	5	2,5	8,8	5,2

Las tablas siguientes muestran las aportaciones de estiércol en cada año, las correspondientes cantidades de cada elemento, las extracciones por parte del olivo, las deficiencias o excesos de cada elemento después de la fertilización orgánica. La mineralización del estiércol, se produce en tres años. El primero se mineraliza el 50%, el segundo el 35% y el tercer año el 15%.

NITRÓGENO (N₂)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
tm de estiércol/ha	22,5	0	0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Kg de elemento/ha	158	0	0	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
50%mineralizacion (año1)	79	0	0	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
35%mineralizacion (año2)		56	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15%mineralizacion (año3)			24	0	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
kg acumulados/ha	79	56	24	27	47	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Extracción (kg/ha)	30	30	30	30	56	56	56	56	56	56	56	78	78	78	78
Balance	49	26	-6	-3	-9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-23	-23	-23	-23
Aporte necesario	0	0	6	3	9	1	1	1	1	1	1	23	23	23	23

Según esta tabla sería necesario un aporte de nitrógeno de 6, 3 y 9 kg/ha los años tercero, cuarto y quinto respectivamente; y un aporte de nitrógeno de 1 kg/ha a partir del sexto año y 23 kg/ha a partir del decimosegundo año.

FOSFORO (P₂O₅)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
tm de estiércol/ha	22,5	0	0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Kg de elemento/ha	113	0	0	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
50%mineralizacion (año1)	57	0	0	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
35%mineralizacion (año2)		40	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15%mineralizacion (año3)			17	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
kg acumulados/ha	57	40	17	19	33	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
Extracción (kg/ha)	30	30	30	30	48	48	48	48	48	48	48	66	66	66	66
Balance	27	10	-13	-11	-15	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-27	-27	-27	-27
Aporte necesario	0	0	13	11	15	9	9	9	9	9	9	27	27	27	27

Como se observa en este cuadro, los aportes de fósforo por parte del estiércol de oveja no son suficientes para las exigencias del olivo. Por esta razón se aplicará 13 kg/ha el tercer año, 11 kg/ha y 15 kg/ha el cuarto y quinto año respectivamente, 9 kg/ha a partir del sexto año y 27 kg/ha desde el duodécimo año.

POTASIO (K₂O)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
tm de estiércol/ha	22,5	0	0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Kg de elemento/ha	57	0	0	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
50%mineralización (año1)	29	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
35%mineralización (año2)		20	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15%mineralización (año3)			9	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
kg acumulados/ha	29	20	9	10	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Extracción (kg/ha)	20	20	20	20	56	56	56	56	56	56	56	84	84	84	84
Balance	9	0	-11	-10	-39	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-64	-64	-64	-64
Aporte necesario	0	0	11	10	39	36	36	36	36	36	36	64	64	64	64

En cuanto al potasio se refiere, se aplicarán unas dosis de 11 kg/ha, 10 kg/ha y 39 kg/ha a partir del tercer, cuarto y quinto año respectivamente. Del sexto año en adelante se aplicarán unas dosis de 36 kg/ha y finalmente a partir del duodécimo año aplicaremos 64 kg/ha.

Realizando las aportaciones de estiércol detalladas, se deberá realizar unos abonados de mantenimiento mediante la técnica de fertirrigación que cubran las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio anteriormente establecidas. Además, como posteriormente se detallará, se realizará una aportación de oligoelementos. Aún con todo esto, es muy recomendable la realización de análisis de suelo y/o hojas cada 3-4 años con el fin de corroborar nuestro plan de fertilización y cuando pueda existir sintomatología de deficiencia de algún elemento nutritivo.

6. FERTIRRIGACIÓN EN OLIVAR DE ALTA DENSIDAD

6.1. Introducción

La fertirrigación consiste en aplicar a la planta los abonos disueltos en el agua de riego. Esta práctica es de uso generalizado en el caso del riego localizado, pues no tiene sentido instalar dicho sistema de riego y no utilizarlo, además, para la distribución de abono u otros productos agrícolas. El agricultor olivarero necesita, por tanto, ampliar sus conocimientos de abonado con las particularidades de esta técnica.

6.2. Ventajas e inconvenientes de la fertirrigación

Existen varias razones para considerar la fertirrigación como la forma más adecuada de abonar si se dispone de un sistema de riego localizado.

De acuerdo con Fernández et al. (1991) el sistema radicular de los olivos en régimen de secano explora mayor volumen de suelo al tener una distribución más homogénea que las raíces de los árboles regados, que se concentran principalmente en las zonas del suelo afectadas por el aporte de agua, Fernández et al. (1992) indican, además, que las buenas condiciones de humedad que se mantienen en el bulbo de riego no sólo favorecen a la aparición y desarrollo de nuevas raíces, sino que alargan el período de máxima actividad de las mismas. Al aportar los abonos disueltos en el agua de riego se consigue, por tanto, localizar los nutrientes directamente en las zonas en las que existe una mayor densidad y actividad radical, con lo que se mejora la absorción de los nutrientes por la planta.

El sistema de riego localizado ofrece también, la posibilidad de aplicar los abonos en función de los riegos tantas veces como se crea necesario, sin que ello signifique, como con otras técnicas de abonado, un gravamen económico importante. De este modo, la planta puede disponer de los nutrientes con continuidad.

El elevado contenido de humedad que se mantiene de forma más o menos constante en los bulbos de riego, no sólo favorece la actividad de las raíces, como ya se ha mencionado, sino que facilita la disolución y asimilación de los elementos fertilizantes. Esto resulta especialmente útil para corregir con rapidez las posibles carencias nutritivas.

La posibilidad de aplicar los abonos de forma frecuente y continuada a lo largo del ciclo productivo permite variar la dosis de abonado en función de las necesidades de la planta, aportándose así en cada momento lo que está necesita. En este sentido, la realización periódica de análisis foliares resulta de gran ayuda para detectar a tiempo posibles carencias y mantener un adecuado estado nutritivo de la plantación.

Junto a estas ventajas, la fertirrigación también presenta algunos inconvenientes. Al utilizar el sistema de riego localizado para la aplicación de los abonos se precisa una mayor atención de limpieza y mantenimiento del sistema de riego. La inyección de los productos fertilizantes en la red suele aumentar el riesgo de obturaciones, debido a los precipitados que pueden formarse si se mezclan fertilizantes que no son compatibles o si éstos no están bien disueltos. Por otro lado, la disolución de abonos en el agua de riego hace que aumente la salinidad de la misma, lo cual puede ser un problema en ciertos casos.

6.3. Abonos utilizados en fertirrigación

Al inyectar un abono en el agua de riego lo que se obtiene es una solución fertilizante (agua+abono).

Para esto hay que preparar la solución a base de disolver en un depósito el abono deseado en una cantidad determinada de agua. Así se obtiene lo que se conoce como "solución madre".

Relacionado con todo esto, existen varias propiedades de los abonos a tener en cuenta:

- ✓ Solubilidad: lo que interesa saber es que cantidad de abono podemos incorporar, por ejemplo en 100 litros de agua. Esto variará en función de la pureza del agua y la temperatura de la misma, aumentando la solubilidad de abonos a mayor pureza del agua y mayor temperatura.
- ✓ Posibilidad de producir precipitados: algunos abonos reaccionan entre ellos pudiendo producir precipitados que obstruirán el sistema.
- ✓ Acidez (pH) y riqueza del abono.
- ✓ Modificación de la conductividad eléctrica: aumenta el contenido salino del agua.
- ✓ Precio
- ✓ Tipo de abono: en función de la presentación y de la composición se clasifican en líquidos o sólidos y en simples o compuestos.

Los principales abonos utilizados en fertirrigación y sus características son los siguientes:

- ✓ Abonos sólidos:
 - Nitrogenados
 - Nitrato amónico 33,5%
 - Urea 46% cristalina
 - Sulfato amónico 21%
 - Nitrato de cal 15,5%
 - Nitrato de magnesio cristalino (16,7% MgO)
 - Fosfatados
 - Fosfato monoamónico (12-60-0)
 - Fosfato-urea (17-44-0)
 - Fosfato monopotásico (0-51-34)

- Potásicos
 - Nitrato potásico (13-0-46)
 - Sulfato potásico cristalino (50%)
 - Sulfato de potasio cristalino ácido (50%)
- ✓ Abonos líquidos
 - Nitrogenados
 - Solución N-32
 - Solución N-20
 - Ácido nítrico 12,6%
 - Nitrato de calcio 7%
 - Nitrato de magnesio líquido
 - Fosfatados
 - Ácido fosfórico 40%
 - Potásicos
 - Solución de potasio ácido 10%

Características de los abonos

Abono	Riqueza	Estado	Solubilidad	Máximo en solución madre	Reacción	Dosis en agua de riego	Conductividad agua de riego (dS/m)
Nitrato amónico soluble	33.5%	Sólido	Alta	50 kg/100l agua	Ácida	0,5-1,0 g/l	0,8-0,9
Urea soluble 46%	46%	Sólido	Alta	50 kg/100l agua	-	0,5 g/l	Casi nula
Solución N-32	32%	Líquido	-	Total	-	0,5-1,0 g/l	0,6-1,1
Ácido fosfórico	54%	Líquido	-	-	Muy ácida	0,25-0,5 g/l	0,5-1,7
Fosfato monoamónico	12-61-0	Sólido	Media	20 kg/100 l agua	Ácida	0,5-1,0 g/l	0,4-0,8
Fosfato urea	17-44-0	Sólido	Alta	25-30 kg/100 l agua	Muy ácida	0,5-1,0 g/l	0,8-1,5
Nitrato potásico	13-0-46	Sólido	Media-Baja	10-15 kg/100 l agua	Alcalina o neutra	0,5-1,0 g/l	0,6-1,3
Sulfato potásico soluble	50%	Sólido	Baja	10 kg/100 l agua	Alcalina y neutra a la baja	0,5 g/l	0,76

A continuación se describen los principales criterios para la evaluación de algunos fertilizantes de uso frecuente en fertirrigación:

Propiedades	Fertilizantes					
	Urea	N-32%	Nitrato amónico	Nitrato potásico	Ácido fosfórico	Fosfato monoamónico
Solubilidad	3	3	3	2	2	2
Precipitabilidad	2	2	1	1	1	3
Miscibilidad	3	3	3	2	2	3
Corrosividad	1	2	2	1	3	2
Pérdidas por volatilización	3	3	3	1	1	1
Daños a la planta	2	2	2	1	3	2

Evaluación:

1: Baja

2: Intermedia

3: Alta

La compatibilidad de algunos de los fertilizantes más empleados en fertirrigación se muestra en la tabla adjunta:

Fertilizantes	Nitrato amónico	Sulfato amónico	N-32%	Urea	Nitrato cálcico	Nitrato potásico	Fosfato monoamónico	Ácido fosfórico
Nitrato amónico	-	C	X	X	I	X	X	X
Sulfato amónico	C	-	C	X	I	C	I	I
N-32%	X	X	-	X	X	X	X	X
Urea	X	X	X	-	X	X	X	X
Nitrato cálcico	I	I	X	X	-	X	I	I
Nitrato potásico	C	C	C	X	C	-	C	C
Fosfato monoamónico	X	I	X	X	I	C	-	C
Ácido fosfórico	X	I	X	X	I	C	C	-

Compatibilidades:

C: Compatible, se puede mezclar

I: Incompatible, no se puede mezclar

X: Se puede mezclar en el momento de empleo

6.4. Métodos de incorporación de fertilizantes

Existen varios métodos que se van a describir a continuación

6.4.1. Bomba hidráulica

Aprovecha la presión del agua para accionar un mecanismo que inyecta a la red de riego el abono previamente disuelto en un depósito abierto. La conexión puede hacerse intercalándola en la misma red o en derivación, según la capacidad del modelo.

Las ventajas de este método es la dosificación constante, siempre que no varíe la presión. No requiere de energía eléctrica a pesar de la precisión de su funcionamiento. Trabaja en un amplio rango de presiones y permite su automatización.

Como inconvenientes destaca que los modelos más sencillos admiten el pso de poco caudal, por lo tanto la capacidad de inyección de abonos puede ser insuficiente.

6.4.2. Bomba eléctrica

Es una variante de la bomba hidráulica. Mediante un dispositivo eléctrico se acciona el dispositivo de inyección en los abonados previamente disueltos.

Posee las mismas ventajas que la bomba hidráulica salvo el ahorro de energía eléctrica que necesita esta última, además de tener un costo más elevado de adquisición.

Una variante perfeccionada es el dosificador proporcional. Se trata de inyectoras que ajustan el ritmo de inyección al caudal que circula por la red, manteniendo constante la dosificación.

6.4.3. Inyector venturi

El paso del agua por este dispositivo provoca una succión que se aprovecha para introducir en la red general el abono previamente disuelto en un depósito.

Es un sistema muy económico y la dosificación es constante siempre que no varíe el caudal. Como aspectos desfavorables es que provoca una pequeña pérdida de presión, lo que obliga a disponer de algo más de potencia de impulsión. Además permite el paso de poco caudal de abono, por lo que al situarse en paralelo con la red de riego dificulta la regulación de dosificación.

6.4.4. Depósitos de mezcla abiertos

Consiste en un depósito adicional al de almacenamiento de agua en donde se disuelven los abonos. Estos son aspirados directamente de la bomba de impulsión e incorporados directamente en la red de riego.

Es un sistema relativamente barato y mantiene la dosificación a lo largo de todo el tiempo de abonado (y riego). Como desventajas está que la disolución circula a través del cuerpo de la bomba pudiendo acortar la duración de la misma. Además no pueden utilizarse ácidos para la limpieza de la instalación

6.4.5. Tanque de abonado

Consiste en un depósito con cierre hermético donde se introducen los abonos (líquidos, sólidos o bien ya disueltos). Se conecta a la red general en derivación y se regula la dosificación mediante llaves de paso. Las principales ventajas es que es sencillo de instalar y relativamente económico. Por el contrario, presenta como desventajas que la dosificación varía continuamente, por lo que la distribución es irregular y no permite la automatización por zonas de cultivo. Debido a ello, este sistema no es recomendable para la aplicación de fertilización en el presente proyecto.

Se decide utilizar un inyector hidráulico para la inyección de abono a la red de riego. Se colocará en paralelo con la tubería de riego de forma que haya una válvula a la entrada y a la salida del inyector. Esta válvula produce una diferencia de presión que dirige parte del agua al inyector, en cuyo circuito se instala además otra válvula para regular el paso de agua y por tanto, la cantidad de abono succionado.

Hay que instalar algún dispositivo para evitar que el sistema siga funcionando cuando el depósito de abonado se quede sin líquido, ya que en este caso se introducirá aire a la red. Este dispositivo suele ser una bolla automática que cierra la conexión entre el inyector y el depósito de abonos cuando este queda vacío.

6.5. Diagnóstico foliar

Dado que tanto el crecimiento como la fructificación, deben ser consecuencia del estado nutritivo de la planta, los científicos que se ocupan del estudio del olivo han sentido preocupación de conocer dicho estado nutritivo, para lo cual se ha tratado de ver la composición mineral de las hojas, cuyo estudio es conocido como "diagnóstico foliar".

El análisis foliar, esto es, el análisis químico de una muestra de hojas de los árboles, es el mejor método de diagnóstico del estado nutritivo de una plantación. Es muy útil para identificar desórdenes nutritivos, para detectar niveles bajos de nutrientes antes de que aparezcan deficiencias perjudiciales, para medir la respuesta a los programas de fertilización y para detectar toxicidades causadas por cloro (Cl), boro (B) y sodio (Na).

Para utilizar el análisis foliar como guía de fertilización se han establecido los niveles críticos de cada elemento nutritivo, esto es la concentración del elemento en las hojas por debajo de la cual el crecimiento del árbol o la producción de un árbol disminuye si se compara con otros que tienen concentraciones más altas. Estos niveles críticos de las hojas, una vez establecidos, son universales con independencia del clima y del tipo de suelo en donde se desarrolle el cultivo. No obstante, el diagnóstico es fiable en ausencia de factores limitantes nutricionales, con enfermedades, plagas, asfixia radical, etc.

El punto más importante del análisis foliar como guía de fertilización es el muestreo de las hojas que han de ser analizadas, en particular la época de recogida de hojas y el procedimiento de muestreo:

6.5.1. Época de muestreo

En el olivo se pueden encontrar hojas de tres edades diferentes: del año, de un año y de dos años. Las funciones fisiológicas y el contenido de nutrientes en cada una de ellas varían, por lo que no pueden tomarse una muestra de hojas totalmente al azar. El contenido mineral de la hoja tampoco permanece constante durante el ciclo anual, sino que sufre variaciones que están relacionadas con la fenología del árbol.

El muestreo debe realizarse en una época en la que las concentraciones de los elementos de las hojas sean estables. Esto sucede en el olivo en el mes de julio y durante el periodo de reposo invernal. La edad y tipo de la hoja influyen también en la época de muestreo. Las hojas muy jóvenes son menos estables en su contenido mineral y las viejas exportan nutrientes, es más difícil de identificar su edad y pueden estar afectadas por accidentes provocados por insectos u otras causas. Por otra parte la proximidad del fruto afecta considerablemente en la composición mineral de las hojas.

Esto sitúa el muestreo en el mes de julio y deben tomarse las hojas de brotes del año en posición media a basal y que contengan peciolo.

6.5.2. Procedimiento de muestreo

El primer paso consiste en diferenciar parcelas distintas dentro de cada olivar. La diferencia entre parcelas puede deberse a distintos tipos de suelo, distintas variedades, edad de los árboles de cultivo, regadío-secano, etc.

De cada parcela debe de tomarse una muestra, cada muestra debe contener al menos 100 hojas tomadas de varios árboles distribuidos por toda la parcela. Las hojas se deben de tomar de la parte central a basal de los brotes del año situados a la altura del hombro, conviene tomar de 2 a 4 hojas por árbol muestreado de brotes situados en distinta orientación de un vigor normal, ni poco ni muy vigorosos, descartando los localizados en el interior de la copa. Cada hoja debe de tener su peciolo. No deben tomarse hojas de árboles atípicos o enfermos.

Las hojas se deben introducir en bolsas de papel, guardarlas en una nevera para mandarlas inmediatamente al laboratorio para su análisis.

Conocidos los niveles, basta comparar el análisis de la muestra de hoja de un olivar con los patrones anteriormente citados y así determinar si un elemento se encuentra en un nivel deficiente, bajo, adecuado o en exceso y en consecuencia tomar medias ante una posible corrección.

La correlación entre los niveles de nutrientes dados por el análisis foliar y el estado nutritivo del árbol varían desde malas a excelentes por los distintos elementos. El análisis resulta *excelente* para detectar las deficiencias de magnesio (Mg), manganeso (Mn), fósforo (P) y potasio (K); y el exceso de sodio (Na), cloro (Cl) y boro (B); es *bueno* para detectar deficiencias de boro (B) y nitrógeno (N); *regular* para interpretar los niveles de cobre (Cu), cinc (Zn) y calcio (Ca); y *malo* para el hierro (Fe).

De acuerdo con estas consideraciones, si todos los elementos se encuentran en su intervalo adecuado en hojas, sería recomendable no realizar abonado alguno en la siguiente campaña y repetir el análisis en el mes de julio siguiente para valorar el estado nutritivo de nuevo. Si algún elemento se encuentra bajo o deficiente debería aplicarse un abono rico en ese elemento siempre que no existieran dudas de que se encuentra así porque otro está bien en exceso o bien deficiente, en cuyo caso habría que actuar sobre ese elemento. Si varios elementos se encuentran bajos o deficientes, bastaría en muchos casos, con aplicar el más deficiente de todos para corregir la situación. Téngase presente que la aplicación de elementos nutritivos en exceso o innecesarios en un momento determinado, puede provocar desequilibrios nutritivos en el árbol difíciles de corregir con posterioridad.

VALORES FOLIARES DE LOS NUTRIENTES EN OLIVAR

Realizados los análisis foliares, se han determinado las siguientes riquezas expresadas en % sobre materia seca.

Nutriente	Síntomas de carencia en %	Valores normales en %	Síntomas de suficiencia en %
Nitrógeno	1,25	1,77	2-2,6
Fósforo	0,10	0,27	0,15-0,35
Potasio	0,60	0,96	1,25-1,75
Calcio	1,0	2,00	1,5-2,00
Magnesio	0,10	0,26	0,20-0,30
Sodio	0,05	0,10	0,10-0,20
Hierro	0,010	0,0124	0,020-0,035
Cobre	4 ppm	9 ppm	10-20 ppm
Manganeso	0,010	0,036	0,015-0,045
Boro	8 ppm	11,7 ppm	10-20 ppm
Azufre	0,06	0,13	0,20-0,30
Zinc	10 ppm	23,5 ppm	20-35 ppm

EVOLUCIÓN DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS EN EL CICLO VEGETATIVO

En relación a la evolución del contenido en hoja de los elementos a lo largo del ciclo vegetativo se tiene las siguientes conclusiones: Existe un periodo de reposos invernal en el cual los contenidos de N y P permanecen constantes, al comenzar la actividad vegetativa (abril) descienden estos hasta llegar a un mínimo o en el mes de septiembre, volviendo a aumentar en el mes de octubre en que vuelven a estabilizarse.

En cuanto a la evolución del K, sigue una marcha casi antagónica a la del N y P, existiendo un aumento sensible desde el inicio de la vegetación hasta el mes de julio en que aparece el máximo, empezando a descender y continuando este descenso a lo largo del desarrollo del fruto y de la formación del aceite.

6.6. Aportaciones

Una vez estudiadas las necesidades cuantitativas y cualitativas en el olivo, tanto hídricas como nutricionales, es importante estudiar el manejo de la fertilización en el mismo, así como establecer un plan para la óptima aplicación de los fertilizantes con el agua de riego.

Para la aplicación de N, P y K se tendrá en cuenta lo siguiente según el elemento a aplicar:

6.6.1. Nitrógeno

Puesto que la fertirrigación es una herramienta que permite aportar los nutrientes en el momento que la planta lo necesita y aumentar la eficiencia de los fertilizantes, la aportación de N se realizará a lo largo de todo el ciclo vegetativo y de forma más fraccionada. El nitrógeno debe aplicarse al suelo cuando las raíces estén activas, lo que comienza a suceder a finales del invierno o comienzos de la primavera.

Un momento crítico para el olivo es la brotación, hecho que se produce a primero de la primavera, momento en el que el olivo debe disponer de suficiente cantidad de N. Si en el invierno ha habido una pluviometría normal, es previsible que el agua haya lavado el nitrógeno del suelo, reduciendo las cantidades disponibles, por lo que si no se va a comenzar muy temprano la campaña de riego habría que realizar una aportación al suelo, durante el invierno, lo que evitaría el desabastecimiento de N en el momento de la brotación.

Teniendo en cuenta la gran solubilidad en agua de abonos nitrogenados y la gran movilidad en el suelo, es probable que si no se emplea el tipo adecuado de abono, o si el N no se maneja adecuadamente, se produzca su arrastre por el agua de riego hacia las capas profundas del suelo o hacia periferia del bulbo fuera del alcance de las raíces. Por esta razón se recomienda que la dosis total anual sea fraccionada entre todos y cada uno de los riegos.

Para evitar el lavado profundo, los fertilizantes nitrogenados deben inyectarse siempre durante el último tercio del tiempo total de riego, dedicando al menos la última media hora a la limpieza de la instalación con agua limpia, de modo que una vez finalizado el riego no queden restos de fertilizantes dentro de las tuberías ni en los goteros.

Es interesante investigar el posible contenido de las diferentes formas nitrogenadas en las aguas de riego, especialmente cuando se emplean aguas residuales o pozos, ya que este contaminante podría aportar una parte importante de las necesidades de abonado nitrogenado durante una campaña, con la consiguiente reducción de los costes de abonado.

En nuestra zona (zonas frías) y siempre que el análisis foliar realizado en el mes de julio muestre un contenido adecuado de N, es recomendable cortar la aportación de N al final del mes de agosto, aunque continúe el riego durante el otoño. Esta práctica puede adelantar y homogeneizar la maduración, reducir el riesgo de heladas otoñales, siendo especialmente esta recomendación el as plantaciones jóvenes.

Aplicaciones de 0,5 kg de N/árbol, sin que se llegue a superar los 150 kg/ha, han resultado satisfactorias en olivares adultos para corregir deficiencias y elevar la concentración de nitrógeno en hojas a su intervalo adecuado. La dosis óptima dependerá del tamaño del árbol, de su nivel productivo y del medio del cultivo y habrá que ajustarla mediante la realización de análisis foliares periódicos que, correctamente interpretados, indicarán la necesidad de aumentar o reducir las dosis aplicadas.

Es fácil comprender que el abonado de restitución fuese descartado como método de fertilización, pues no parece factible que la aplicación de una cantidad de nitrógeno igual a la extraída por la cosecha pueda retornar directamente al árbol para compensar las extracciones. Esto debido al complejo ciclo del nitrógeno en el suelo, en el que existen numerosos fenómenos de pérdidas y bloqueos del elemento.

Según el estudio de fertilización será necesario un aporte de nitrógeno de 6, 3 y 9 kg/ha los años tercero, cuarto y quinto año, de 1 kg/ha a partir del sexto año y de 23 kg/ha a partir del duodécimo año.

6.6.2. Fósforo

El fósforo es un elemento importante en la fertilización de cultivos anuales, pero en el caso de cultivos leñosos y perennes su importancia relativa disminuye por las bajas extracciones y facilidad de reutilización.

Es probable que sólo en árboles cultivados en suelos pobres en este elemento las hojas alcancen valores deficientes y puedan responder al abonado, en este caso puede probarse con la aplicación de 0,5 kg de P/árbol en forma de superfosfato o ácido fosfórico.

Las necesidades totales se dan en los primeros riegos de primavera, de modo que cuando se inicie la brotación del olivo el P esté disponible para la planta.

Además el uso de ácido fosfórico en la limpieza de la instalación en lugar de otros ácidos fuertes como el clorhídrico y el nítrico es habitual en el caso del riego por goteo, co lo que se contribuye a cubrir buena parte de las necesidades anuales de P y se evita la pérdida de fertilidad en el bulbo húmedo.

Los aportes de fósforo por parte del estiércol de oveja no son suficientes para las exigencias del olivo. Por esta razón se aplicará 13 kg/ha el tercer año, 11 kg/ha el cuarto y 15 kg/ha el quinto. A partir del sexto y hasta el undécimo, 9 y 27 kg/ha a partir del duodécimo año.

6.6.3. Potasio

El potasio es el elemento que en mayor cantidad extrae el cultivo, del orden de 4,5 g de K/kg de aceituna. Esto significa que el potasio es un elemento de importancia en la nutrición del olivo, que se magnifica debido a la influencia que el medio de cultivo tiene en la disponibilidad del potasio por el árbol.

Los olivares con deficiencias de potasio son difíciles de corregir. Por ello es conveniente vigilar anualmente la concentración de potasio en las hojas y aplicar este elemento cuando alcance valores bajos, antes de llegar a la deficiencia. Las dosis tentativas a aplicar en estos casos son del orden de 1 kg K/árbol.

Aunque el potasio es mucho menos móvil en el suelo que el N, un mal manejo de la fertirrigación podría causar también importantes pérdidas de este nutriente, por lo que se recomienda su fraccionamiento.

Las aportaciones de potasio son recomendables realizarlas en primavera, pues las hojas jóvenes absorben mayores cantidades de potasio. En suelos calizos, la aportación de nitrato potásico a través de la instalación de riego y en forma muy fraccionada a lo largo del periodo de primavera-otoño aumenta las concentraciones en hoja de este elemento por encima de los niveles adecuados.

No es recomendable el empleo de sulfato potásico en fertirrigación, en especial cuando se emplea agua de escasa calidad, ya que los precipitados podrían causar problemas de obturación de los goteros. Tampoco debe utilizarse nunca el cloruro potásico en fertirrigación debido a los problemas de salinidad que podría ocasionar, así como la posible toxicidad por la presencia de cloruros.

En cuanto al potasio se refiere, se aplicarán unas dosis de 11 kg/ha, 10 kg/ha y 39 kg/ha los años tercero, cuarto y quinto respectivamente. 36 kg/ha desde el sexto y 64 kg/ha a partir del duodécimo año.

ANEJO 9 PROTECCIÓN DE CULTIVO PROYECTO

1. PLAGAS DEL OLIVO

1.1. Introducción

El olivo crece íntimamente relacionado con una serie de factores bióticos y abióticos en los cuales la modificación de uno de estos afecta e incluso, puede destruir a auxiliares que tienen controlada una plaga que inmediatamente se potencia pudiendo afectar a la fisiología de la planta.

Muchas de estas relaciones no se conocen lo suficiente, pero otras sí y se sabe que sus correcciones pueden ser altamente contraproducentes. En general se puede afirmar que el olivar está poco desequilibrado, porque el número de tratamientos que se realizan todavía es bajo. Las nuevas técnicas de cultivo pueden hacer que aparezcan nuevos problemas o que se agraven algunos ya existentes.

Un concepto de gran importancia es el de umbral de tratamiento, que es el nivel de población a partir del cual el coste del tratamiento queda justificado por el beneficiario que produce el conjunto.

En la lucha contra las plagas se sigue aplicando los insecticidas tradicionales que tienen una buena eficacia y bajo coste, pero sus efectos secundarios (no respecto a los insectos auxiliares, residuos en las aceitunas, contaminación ambiental...) hacen que se busquen medidas de lucha que lo disminuyan.

Esto nos lleva a pensar en la aplicación de un programa de protección integral de plagas y enfermedades del olivo, con los que se puede obtener mejores beneficios aunque en un plazo mayor de tiempo respecto al uso indiscriminado de pesticidas.

Por ejemplo, consiste en:

- ✓ Reducción del número de tratamientos.
- ✓ Reducción de los niveles de contaminación ambiental y de los residuos del fruto.
- ✓ Aumento de la fauna útil y fomento del equilibrio ecológico.
- ✓ Obtención de un aceite de mayor calidad y por tanto de mayor valor añadido.

Las plagas de olivo han cambiado muy poco desde que empezó a cultivarse y siguen siendo la mosca y el prays los más importantes. La cochinilla, tercera en importancia, se ha potenciado a partir de los años 60, a raíz de los tratamientos generalizados contra los anteriores.

A continuación se van a describir las muchas plagas que afectan al olivo, sino que contrastando con la bibliografía foral y haciendo referencia a las experiencias en el olivar navarro se harán mención a aquellas que puedan tener más influencia en nuestra futura plantación.

1.2. Mosca del olivo (*Bactrocera oleae*)

Es una de las plagas más importantes del olivar, sobre todo en las zonas con temperatura de verano suave y humedad relativa.

Este insecto están muy extendido ya que ataca a los olivares de la Cuenca del Mediterráneo, encontrándose además en zonas del sur de África y parte occidental de Asia. En España, ha sido detectada en todas comarcas oleicas, con una distribución en la que se pueden distinguir las zonas de ataque endémico (costas mediterránea y atlántica sur), de las de ataque irregular pero con importancia económica (Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha y Levante), siendo de menor importancia en el Valle del Ebro y la zona donde nos encontramos.

La mosca del olivo *bactrocera Oleae* Gmel, es un díptero semejante a la mosca doméstica, aunque algo más pequeña (4-5 mm de longitud), con una mancha blanquecina característica entre tórax y el abdomen. Las alas son hialinas con una mancha opaca en el extremo distal. El abdomen es de color rojizo y en la hembra se prolonga para formar la vaina protectora del ovíscapo, que es retráctil y mide casi 1 mm de longitud, por lo que es fácil distinguir los dos sexos.

El huevo es ovoidal alargado, con un extremo puntiagudo, de caso 1 mm de largo y 0,2 de ancho, de aspecto blanco lechoso con la superficie lisa. La larva es apoda, de color blanco-amarillento y cuyo tamaño va desde 1 mm, recién nacida, hasta 8 mm en el último estadio larvario. La pupa tiene forma elíptica alargada, de uno 4 mm de longitud, siendo al principio de color amarillento, pero al poco tiempo adquiere una tonalidad ocre.

Presenta de dos a tres generaciones anuales, dependiendo de las condiciones climáticas y de la zona.

Generalmente, pasa el invierno en forma de pupa enterrada en el suelo a poca profundidad (en zonas de inviernos suaves puede también haber adultos invernantes). En primavera salen los adultos de la primera generación (marzo-abril en las zonas templadas y abril-mayo en las más frías), los cuales se alimentan de sustancias azucaradas, como melazas de cochinillas o exudados azucarados de la flor y las hojas.

El adulto es un excelente volador pudiendo recorrer grandes distancias, lo que explica su facilidad para dispersarse y reinvasar zonas que no han sido combatidas. A los 8-10 días de vida suele alcanzar la madurez sexual, buscándose el macho y la hembra para acoplarse.

A los 3-4 días de la fecundación se inicia la puesta. Para ello, la hembra busca las aceitunas más convenientes para depositar los huevos, haciendo previamente una exploración de unos 10 minutos recorriendo el fruto en todos los sentidos con las alas extendidas, hasta convencerse de que reúne las condiciones exigidas para confiarle su prole:

- ✓ Aceituna sin otro huevo o larva en su interior. Únicamente en caso de fuertes infestaciones se puede ver obligada a poner el huevo en un fruto ya picado por otra hembra.
- ✓ Fruto de tamaño adecuado y similar al de un guisante. El hueso ha de estar endurecido.
- ✓ Fruto ni muy verde, ni demasiado maduro, por ello las primeras aceitunas son las más precoces y por la misma razón, las últimas generaciones de la mosca hacen la puesta en frutos más retrasados.

Una vez elegido el fruto, la hembra clava el ovipositor, atravesando la epidermis, y deposita en su interior un solo huevo, reposa un rato sobre alguna hoja, se dirige después a otra aceituna, en la que repite la exploración hasta confiarle otro huevo y así sucesivamente. La fecundidad de la hembra es variable en función de diversos factores (clima, disponibilidad de frutos, tipo de alimentación larval, longevidad, etc.) pero, generalmente, aumenta progresivamente en los individuos que aparecen desde agosto a otoño mientras que en los de primavera la fecundidad suele ser reducida. En un día puede poner unos doce huevos, siendo el número total de huevos puesto por cada hembra de 250 a 750, ya que la vida del adulto oscila, según las condiciones medioambientales, de 21-48 días en verano, a 60 días en otoño.

El periodo de incubación dura desde 2-3 días, en condiciones óptimas de verano hasta 10-15 días en otoño.

La larva se alimenta del mesocarpo de la aceituna en el que abre una galería tortuosa donde va pasando los distintos estadios larvarios. El periodo larvario varía de 10 a 25 días, aunque puede llegar hasta más de 45 días. Las larvas que se transforman en pupa durante el verano, lo hacen en el interior del fruto próximas a la epidermis y las de las últimas generaciones, lo hacen en el suelo ligeramente enterradas. La duración del periodo ninfal es muy variable, oscilando de 8 a 10 días en verano hasta varios meses en invierno.

Transcurrido el periodo ninfal, sale el adulto atravesando la epidermis de la aceituna o la capa de tierra que le cubre, reanudándose de nuevo el ciclo.

Externamente se puede apreciar con una lupa la aceituna en la que la hembra ha introducido el huevo, ya que se hace una grieta en la epidermis del fruto en forma de V. Al poco tiempo, por debajo de la incisión se produce una mancha pardusca que se puede observar a simple vista, aceituna "picada".

También, externamente, se puede apreciar a simple vista la aceituna que tiene o ha tenido una larva de mosca en su interior, pues sobre todo cuando el fruto está ya casi maduro, se puede apreciar en su superficie pequeñas depresiones de color más claro que el resto, que coinciden con las zonas donde la larva se ha estado alimentando, aceituna "agusanada"

El adulto, al salir del fruto, deja en la superficie un orificio más o menos circular que se observa con facilidad.

Los daños que causa esta plaga pueden ser directos o indirectos.

El directo afecta exclusivamente al fruto y se debe a la reducción de un pequeño volumen de pulpa, aproximadamente, un cuarto o un quinto de aceituna, como consecuencia de la actividad alimenticia de la larva. Si se transforma el consumo de pulpa en pérdida de aceite, se ha calculado recientemente que varía de 3-20%.

Mucho más importante suelen ser los daños indirectos, entre los que hay que destacar:

- ✓ Aceleración de la maduración del fruto lo que puede provocar su caída.
- ✓ Orificios producidos en la superficie del fruto, tanto en la puesta como, principalmente, en la salida del adulto, constituyen puerta de entrada de hongos y bacterias que provocan la podredumbre interna del mesocarpo, originando la descomposición total del fruto, dando lugar, en la aceituna para almazara, a aceites de mala calidad, no sólo por el sabor y el olor sino también por la elevada acidez, así como puede llegar a cambiar el color y la viscosidad del aceite difiriendo notablemente del normal.

Los hongos que suelen penetrar son *gloesporium olivarum*, *camarosporium dalmatita* y varias especies de *fusarium*. Los daños más graves suceden cuando hay un primer vuelo elevado, ya que en septiembre hay orificios de salida por donde entra el hongo. Mientras que en el segundo vuelo ya es tarde para que el hongo cause problemas graves.

Estas podredumbres secundarias son las responsables de la caída masiva de fruto.

Las temperatura mínima para el desarrollo de los estados juveniles es de 9-11°C, mientras que la máxima es de 31-33°C. Por otro lado, un acumulo térmico superior a 31°C durante más de 7 horas/día provoca un descenso numérico en la población, con parada de la actividad reproductiva en los adultos y elevada mortalidad de huevos y larvas. También se sabe que los adultos no se nutren a temperaturas inferiores a 7°C y que la actividad del vuelo de la mosca se inicia con temperaturas superiores a 14-18°C.

El estado de desarrollo del fruto es importante, pues depende de él su mayor o menor receptividad a la puesta por la hembra.

En principio y para una misma variedad, aquellos frutos en que predomina la pulpa sobre el hueso, que ha perdido la consistencia leñosa, con superficie tersa, sin serosidad y con inicio de transformaciones de grasa son los más receptivos a la puesta de *bactrocera oleae*.

Se han encontrado diferencias en la susceptibilidad de diferentes variedades de olivo a los ataques de mosca, siendo las variedades comunes de nuestra geografía (arroniz, arbequina y empeltre) susceptibles a la mosca.

Actualmente el control químico es el método más utilizado en España contra la mosca del olivo.

Según recomendaciones del Servicio de Protección de los Vegetales, las observaciones deben realizarse a nivel de parcela, de superficie nunca inferior a 1 hectárea, siendo el tamaño idóneo parcelas de 5 hectáreas. Es fundamental realizar tanto observaciones de las poblaciones adultas, como evolución de las infestaciones preimaginales en fruto.

Las poblaciones de adultos pueden seguirse mediante trampas quimiotrópicas conteniendo proteínas hidrolizables o sales de amonio (mosquero), con trampas coloreadas o cronotrópicas de color amarillo, o bien trampas sexuales conteniendo feromonas o una combinación de estas últimas.

La red de seguimiento constará de 2 mosqueros con fosfato amónico y una trampa cromático sexual por hectárea. En las capturas con mosquero se contabilizará el número de machos y el de hembras capturados, el número de hembras con huevos (sobre un máximo de 30 hembras) y el numero de huevos por hembra con huevos (sobre un máximo de 10 hembras con huevos).

La evolución de las poblaciones preimaginales se realiza sobre una muestra de 100 frutos, para ello se elige al azar 10 árboles y de cada uno de ellos se toman, también al azar, 10 aceitunas, anotándose el número de aceitunas picadas.

Los umbrales de tratamiento para aceituna de almazara son los siguientes:

Se considera que al final de la campaña, como máximo, puede haber un 10% de frutos afectados por ataque de mosca, de esta manera no quedará afectada la calidad de los aceites obtenidos y las pérdidas, por caída prematura de fruto y disminución de peso, son mínimas.

Salvo zonas de olivar con elevadísimos ataques de mosca, para dar un tratamiento cebo debe cumplirse simultáneamente las siguientes condiciones:

- ✓ Índice poblacional. 1 mosca por trampa quimitrópica y día.
- ✓ Índice de fecundidad. 60% de hembras fértiles.
- ✓ Índice de riesgo potencial. Más de 10 huevos por trampa y día.
- ✓ Índice de ataque. Al encontrarse en los muestreos el primer fruto atacado con alguna fase evolutiva viva. Para las siguientes aplicaciones el umbral se sitúa en el 2% de fruto atacado por alguna fase evolutiva de mosca viva.

Para realizar un tratamiento total, el umbral es de 7-8% de aceituna picada.

El tratamiento cebo (adulticida) consiste en pulverizar una sola rama orientada al sur, con una mezcla de jarabe de melaza (10 kg), malatión (600 cc) (o fention, formotion, o fosmet) y agua (100 l) empleándose un tercio a medio litro por árbol.

Se tiene que tratar cada 7 días la misma rama y no distanciarlos más pues el malatión pierde eficacia. Este inconveniente se evita usando fention (500 gr) y sustituyendo la melaza por proteínas hidrolizables (1 kg). Se puede añadir melaza al 4%.

En el programa de mejora de calidad, se utiliza como atrayente proteína hidrolizable y como insecticida dimetoato, producto que tiene la propiedad de ser muy poco soluble en el aceite, por lo que no deja residuo alguno. Se realizan aplicaciones aéreas con gota gruesa, empleándose por hectárea tratada: 0,5 litros de dimetoato 40%, 0,5 kg de proteína hidrolizada y 20 litros de agua. Estos tratamientos están considerados como de baja repercusión en el medio y se incluyen en el programa de manejo integrado de plagas.

El tratamiento total (larvicida) es un método complementario del anterior, que consiste en pulverizar la totalidad del árbol con un insecticida órgano-fosforado, penetrante o sistémico, que mate la larva en el interior de la aceituna. Para evitar los problemas de residuos los productos más recomendados son triclorfón, fosmet (penetrantes) o dimetoato (sistémico), pero en este último caso hay que dejar un plazo de seguridad de 60 días.

En cuanto al momento de realizar el tratamiento se recomienda aplicar 2 ó 3 pulverizaciones cebo cuando se den las condiciones expuestas anteriormente, lo que suele coincidir con el momento en que el primer vuelo de la mosca es más elevado (junio-julio) o cuando se observe como máximo el 2% de aceituna picada con formas vivas. En agosto no se debe tratar. Finalmente, se debe dar un tratamiento total o curativo con triclorfón, fosmet o dimetoato, cuando alcance el umbral (7-8% de aceituna de almazara picada, generalmente septiembre-octubre). Estos tratamientos totales pueden darse a dosis normal, a bajo volumen o ultra bajo volumen, en los cuales se suele utilizar una mezcla de dimetoato u otro insecticida más proteínas hidrolizables a dosis de 20-25 l/ha.

Actualmente, se está tratando de utilizar opius concolor que es uno de los principales parasitoides de la mosca del olivo, además de serlo también de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied). Se cría artificialmente en laboratorio para la suelta en los olivares afectados por la mosca, con el fin de disminuir sus poblaciones hasta niveles aceptables.

La lucha autocida es un método muy actual que consiste en la esterilización, en laboratorio, de machos de *B. oleae*, mediante isótopos radioactivos, los cuales se sueltan para competir por las hembras con los machos de la parcela, reduciéndose así la tasa de fecundaciones y por tanto la densidad de la población siguiente.

En la actualidad existe un programa comunitario regulado por un Reglamento de la Comisión que se va renovando anualmente y en el que se dictan las acciones a desarrollar cada año, entre ellas se encuentra la lucha contra la mosca del olivo y otros organismos nocivos que alteren la calidad de los aceites.

La lucha contra *B. oleae* se realiza, según este programa, utilizando métodos de control integrado de plagas, comprendiendo dos actuaciones bien diferenciadas:

- ✓ Red de control, alertas y evaluación de las poblaciones naturales de la mosca del olivo.
- ✓ Ejecución de los tratamientos, que serán realizados sólo cuando se alcancen los umbrales de tratamientos prefijados y evaluados en la red de alertas.

Este programa se lleva a cabo en zonas tradicionalmente olivareras con grandes extensiones del cultivo, como puede ser Andalucía, Extremadura y Castilla-La Mancha.

En Navarra, por medio del INTIA, se realiza un programa similar pero en menores dimensiones. Cuenta con tres explotaciones “tipo” en nuestra geografía donde realizan los muestreos tanto de adultos como preimaginales. Estas parcelas muestrales se encuentran en Ablitas, Arellano y Tafalla. Según los datos obtenidos y mediante avances técnicos de la propia entidad, propone una serie de tratamientos sólo cuando se alcancen los umbrales de tratamiento prefijados.

Según la experiencia local, el artículo “Plagas y enfermedades del olivo en Navarra. Campaña de Protección Integrada” del la revista técnica Navarra Agraria de 1996 y el estudio continuado de INTIA, se pone de manifiesto la presencia de la plaga, mosca adulta, desde principios de septiembre hasta finales de noviembre, tiempo en el cual se deberán realizar los posibles tratamientos.

1.3. Prays o Polilla del olivo (*Prays oleae* bern)

Es una plaga distribuida por todos los países de la cuenca del Mediterráneo.

El adulto es una polilla gris-plateada que con las alas extendidas mide 13-14 mm y tiene unos 6 mm de larga. El huevo es de color blanquecino recién puesto, tiene forma lenticular. La oruga mide 7-8 mm y es de color oscuro.

Tiene tres generaciones al año. Una de las cuales afecta a al hoja, otra a la flor y otra al fruto.

- ✓ La generación filófaga (hoja) pone los huevos en octubre-noviembre en el haz próximos al nervio central. Las larvas penetran en las hojas realizando galerías y en ellas pasan el invierno. En febrero-marzo reanudan su actividad y cambian de hoja realizando galerías en forma de C. Finalmente, realiza un capullo sedoso en el envés de la hoja del que en abril surge una mariposa.

Los daños de esta generación son prácticamente despreciables.

- ✓ Los adultos de la generación antófaga (flor) realizan la puesta en el cáliz (abril-mayo). De ellos surge una larva que penetra dentro de la flor y se alimenta de las flores. Al final de su desarrollo fabrica un capullo con los restos de las flores y forma la crisálida en la misma inflorescencia.

Los daños de la generación antófaga son difíciles de valorar y sólo en el caso de una floración baja y una población alta de prays puede bajar la producción.

-
- ✓ La generación carpófaga hace la puesta en el fruto recién cuajado. Las larvas penetran por la inserción del pedúnculo y provocan caída de frutos. Otras se instalan en el interior y cuando maduran salen por la misma zona provocando una segunda caída del fruto. Realiza la crisálida entre dos hijas, en el tronco o en el suelo.

Esta generación produce los daños más importantes, siendo los producidos por la segunda caída los más temidos porque el fruto es ya de gran tamaño y el árbol en esas fechas ya no puede compensar la pérdida.

Para el control de la plaga hay dos momentos de actuación:

- ✓ Al inicio de la floración (20-30% de las flores abiertas) período en que las larvas se encuentran en el exterior.
- ✓ Cuando las larvas se están introduciendo en el fruto. En este caso la eficacia de los productos es menor y hay que pulverizar muy bien el árbol (50-100% de huevos eclosionados).

Se deben utilizar productos que respeten a los insectos auxiliares y al medio ambiente. La utilización de productos a base de bacillus thuringiensis en floración mata un 60-70% de prays respetando a los insectos que se encargan de la población restante.

Es muy relativo establecer los umbrales de tratamiento pues dependen de factores difíciles de estimar o predecir como son la producción y el calor del verano. En la generación antófaga, la flor tiene una importancia relativa pues el cuaje del olivo es muy bajo (de cada 100 flores solo cuajan 2 ó 3). Sólo se recomienda tratar esta generación cuando haya muchos prays y poca flor.

En la generación carpófaga, se produce una mortalidad elevada en verano que depende del calor de cada año y zona, y el tratamiento hay que decidirlo antes (en junio), cuando el prays está en huevo o penetrando a la aceituna. Un nivel de 20 a 30% de frutos con prays ya se considera peligroso pero va a depender del calor que haga posteriormente y de la producción, entre otros factores.

1.4. Cochinilla (*Homoptera coccidae*)

De todas las especies la más común en olivar es la cochinilla de la tizne. Aunque hay otras como la parlatoria y serpeta, que pueden causar daños, sólo se encuentran en zonas específicas.

La cochinilla de la tizne (*Saissetia oleae* Bern) está muy extendida en la Cuenca Mediterránea.

La hembra adulta con huevos se asemeja a medio grano de pimienta, de color marrón oscuro, con tamaño de 3-4 mm, presenta en su exterior un relieve característico en forma de H. La hembra adulta sin huevos es más aplanada y más clara.

Las ninfas jóvenes son muy pequeñas de 0,6-0,3 mm y muy sensibles a los insecticidas y a las condiciones climáticas adversas.

Los huevos, de color rosado, se encuentran en el interior de la hembra en número de 1000 a 2000.

Cada año se produce una generación completa y una segunda incompleta.

Las ninfas recién nacidas se quedan unas horas dentro del caparazón y después caminan hasta fijarse en el envés de las hojas y en las ramitas jóvenes hasta el momento de poner los huevos.

La cochinilla succiona savia y excreta sustancias azucaradas que impregnan el olivo. En periodos húmedos estos sirven de alimento a la negrilla que se extiende recubriendo los tejidos del vegetal, principalmente en las hojas, disminuyendo su capacidad de fotosíntesis y respiración.

Los daños directos son escasos, pero la negrilla puede provocar disminuciones de vigor y producción.

Tiene numerosos enemigos naturales principalmente unas pequeñas avispas que depositan sus huevos en el interior de la cochinilla alimentándose del cuerpo de ésta y de los huevos.

Para determinar si ha habido eclosión se levantan las hembras adultas y cuando sólo se vean los huevos vacíos se procederá al tratamiento. Si las poblaciones son bajas se puede evitar el tratamiento o hacerlo coincidir con la mosca o repilo.

Es importante que el árbol quede bien cubierto de producto fitosanitario.

La serpeta (*Lepidosaphes ulmi* Linn) tiene una forma de mejillón muy característica y por tanto fácil de identificar. Mide 2-3 mm de largo por 0,6-1,2 mm de ancho y es de color pardo rojizo.

Pasa el invierno en forma de huevo dentro del caparazón y suele tener tres generaciones al año.

Coloniza de forma muy agresiva hojas y ramas y cuando el ataque es importante puede producir marchitez e incluso secado, tanto de brotes como de ramas gruesas.

Como la gran mayoría de las cochinillas, es muy sensible al calor y al viento seco.

Los periodos en los que las ninfas son pequeñas son los mejores momentos para combatirla, lo cual se hace de forma semejante a la cochinilla de la tizne.

Hay varias especies que puedan afectar al olivo, siendo la más importante y generalizada la cochinilla de la tizne. Otras, como parlatoria, serpetta, piojo blanco y cotonet, pueden causar también daños muy importantes pero sólo se encuentran en zonas con características especiales.

1.5. Barrenillo del olivo (*Phloetribus scarabeoides* Bern)

Esta especie se encuentra distribuida en toda la Cuenca Mediterránea, así como, en zonas del sur de Europa, Siria y Asia Menor. Afecta casi exclusivamente al olivo, aunque también se puede encontrar en labiérnagos (*phillyrea* spp.) agracejos o fresnos.

Los adultos, de cuerpo grueso y color oscuro, casi negro, miden de 2 a 2,5 mm de longitud y 1,5 a 2 mm de anchura. La cabeza, encajada en el protórax, tiene dos antenas semejantes a un tridente. Los élitros recubren totalmente el abdomen.

Los huevos, de forma ovalada y color amarillento miden unos 0,75 mm de longitud y 0,5 mm de anchura.

Las larvas, de color blanco, al principio y amarillento después, tienen potentes mandíbulas y crecen desde 0,9 mm a 3,8 mm al final de su desarrollo.

En la mayoría de las zonas olivareras españolas, en las que se realiza un esmerado cultivo, su ciclo biológico es el que a continuación se indica.

En invierno, en fase de adulto, lo pasa en galerías excavadas en todo el olivo. En días templados sale y crea otras galerías para nutrirse. Al final del invierno realiza la puesta en los restos de poda y es capaz de desplazarse en su búsqueda, haciendo puestas en ramas secas y en olivos poco sanos. Después del periodo de incubación nace la larva la cual realiza galerías en las que pasa los siguientes estados larvarios.

Posteriormente se transforma en prepupa y pupa y, por último, los adultos abandonan las galerías, perforando pequeños orificios en la corteza. Es frecuente observar gran cantidad de estos orificios en las maderas que han sido afectadas por el insecto.

Los adultos se alimentan activamente de madera haciendo galerías y están en el olivo hasta la primavera siguiente.

El periodo de incubación de huevo es de 8 días en primavera y de 21 días en otoño. Las larvas necesitan 40-60 días, en primavera, 20-25 días en verano y 30-45 días en invierno.

Todas aquellas circunstancias que provoquen reducciones en el vigor favorecen el desarrollo de la plaga.

Este insecto tiene parásitos importantes tales como el heminóptero cheiropachy colon L. y el coleóptero thanasinus formicarius L

Las galerías excavadas producen debilitamiento e incluso la caída del órgano atacado.

En el árbol se reduce la relación hoja/madera, baja la producción y es frecuente que se desarrollen otras plagas y enfermedades como el arañuelo y tuberculosis.

Las técnicas de lucha contra el barrenillo son de tipo profiláctico:

- ✓ Adelantar la poda
- ✓ Destruir los restos de poda
- ✓ Enterrar la leña
- ✓ Colocar palos cebo debajo de algunos árboles y quemarlos después

Si el ataque llega a afectar al 5-10% de brotes, debe realizarse un tratamiento con pulverización de productos organofosforados buscando una buena penetración en la madera. Este tratamiento debe realizarse al final de la curva de vuelo de la salida de los adultos.

1.6. Polilla del jazmín

Es una especie polífaga cuyas mariposas alcanzan los 30 mm, tiene las alas de color blanco y el cuerpo de color marrón pálido.

Los huevos son de color blanco y tienen forma oval y un tamaño de 1-0,6 mm. Las larvas al nacer son de color amarillo y evolucionan hasta un color verde intenso. Tienen una longitud al inicio de 1,5-0,25 mm y al final de su desarrollo llegan a 18-25 mm.

Esta plaga pasa el invierno en forma de larva y los primeros adultos aparecen a principios de primavera.

Las hembras ponen los huevos sobre las hojas y después de la incubación, nace la larva que se alimenta comiéndose toda la hoja, dejando sólo la nervadura central. Forma la crisálida entre las hojas, que quedan enrolladas y, después de un período variable, salen los adultos.

En España tiene dos generaciones a lo largo del año y la duración del ciclo varía desde 24-40 días, si la climatología es favorable, hasta 120-145 días, cuando no lo es.

Los daños producidos por las larvas al alimentarse de hojas y frutos no tienen gran importancia en plantaciones adultas, en cambio, en el invierno y en las plantaciones jóvenes, sí son a tener en cuenta pues pueden afectar de forma importante.

Los tratamientos con productos organofosforados y piretroides deben de hacerse al observar los primeros daños en primavera y repetirlos si se siguen manifestando.

1.7. Abichado (*Eusophera*)

El adulto de este insecto es una mariposa de color grisáceo que presenta dos bandas transversales claras y con un tamaño próximo a los 2,5 cm de longitud. Los huevos son de formas redondeadas, aplanados y reticulados, son rosáceos al principio y oscuros al final de la incubación. Las larvas llegan a medir 2,5 cm y son blanquecinas y con tonos amarillo verdosos.

Tienen dos generaciones al año que se solapan. La mariposa vive alrededor de diez meses y las lavas todo el año.

Las larvas pasan el invierno en galerías excavadas debajo de la corteza y de ellas salen los adultos en febrero.

Los huevos los ponen en zonas con heridas o roturas para que la larva recién nacida pueda penetrar fácilmente haciendo galerías que pueden causar daños graves. Al cabo de 2-2,5 meses hacen las crisálidas, apareciendo la mariposa al cabo de dos semanas.

Su control es muy difícil, si bien las larvas recién nacidas son las más sensibles, al estar más superficialmente. Los periodos de máxima eficacia son los meses de abril y septiembre.

Como los insecticidas tienen que penetrar debajo de la corteza, se recomienda mezclarlos con aceite y mojar abundantemente troncos y ramas, sin tratar las copas. Se recomienda utilizar brochas, mochilas o pistolas a baja presión.

1.8. Acariosis o sarna

Este ácaro se presenta sobre todo en viveros y árboles jóvenes.

Es muy pequeño (0,1-0,35 mm), de color claro, con dos pares de patas delanteras y se presentan en hojas tiernas, inflorescencias y yemas.

Permanece activo todo el año e incrementa su actividad en primavera.

Tiene muchas generaciones a lo largo del año.

Los daños se manifiestan como deformaciones o hinchazones en las hojas tiernas y en las adultas, como caída de pelos y aparición de calvas de un color verde-amarillento en los abultamientos. Con ataques importantes pueden provocar abortos florales y deformaciones en los frutos.

Los tratamientos deben de hacerse en floración sólo cuando se presenten altas poblaciones y se utilizarán acaricidas específicos. Se aconseja aprovechar las aplicaciones contra prays

1.9. Algodón del olivo

Es un insecto muy común en todos los países del mediterráneo, cuyos adultos son pequeños, gruesos y de color verde, miden entre 2-3 mm. La cabeza alargada está inclinada hacia adelante. Tienen las alas anteriores membranosas y posteriores de tamaño más reducido. Las patas traseras están adaptadas al salto.

Los huevos elípticos de pequeño tamaño llevan un pequeño péndulo que le sirve para fijarse al olivo.

Las larvas son aplastadas de color amarillento, llegan a medir hasta 1,2 mm de longitud y segregan una cera blanquecina que recubre las colonias y que le da el aspecto de algodón.

Pasa el invierno en estado adulto e inicia la actividad cuando el árbol empieza a vegetar.

Deposita los huevos primero sobre los botones florales y después sobre los órganos que están creciendo, en especial sobre los brotes jóvenes. Después de un periodo de incubación de unos 30 días, nacen las larvas que se alimentan del vegetal y segregan cera en forma de algodón. El desarrollo larvario dura unos 35 días.

La segunda generación se da justo a continuación y se desarrolla en las inflorescencias y en las yemas y normalmente se solapan la primera y segunda generación.

Los adultos de la segunda generación entran en reposo estival y a finales de septiembre se inicia la generación otoñal, que en zonas con temperaturas extremas pasan desapercibida.

Los daños que causan se deben a que es un insecto chupador de la savia elaborada lo que reduce el potencial vegetativo del árbol.

Cuando ataca a las inflorescencias, los efectos se muestran por disminución de frutos cuajados.

En cualquier caso, los daños que ocasionan son escasos y no llegan a afectar a la cosecha, por lo que no son recomendables tratamientos, salvo casos excepcionales en que se superen los 10 insectos por inflorescencia.

La aplicación de productos organofosforados mediante pulverización mojando bien el árbol es lo recomendado.

1.10. Otiorrinco o escarabajo picudo

Es un insecto cuyo adulto hembra, que se reproduce por partenogénesis, aparece en mayo-junio, es de color oscuro y mide 7-8 mm.

Se alimenta de hojas y brotes tiernos y por el día se esconde al pie del olivo.

Sus huevos ovalados, pequeños y de color blanquecino, que cambia a oscuro, los pone en el suelo a poca profundidad, en otoño.

Al cabo de dos semanas aparecen las larvas, que se sitúan en las raíces tanto del olivo como de malas hierbas y se alimentan hasta en mayo hacen una cápsula de tierra y pupan a 12-25 cm de profundidad.

Tienen una sola generación al año.

Los daños, que no son importantes, se manifiestan por mordeduras a modo de escotadura en el borde de las hojas, en las yemas terminales y en brotes tiernos.

Para luchar contra este insecto, aparte del uso de insecticidas, se recomienda colocar una banda engomada en el tronco del árbol. No es frecuente tratar esta plaga.

1.11. Gusanos blancos o gallina ciega

Esta plaga puede estar originada por varias especies de coleópteros (melolonta papposa y ceramida spp.) y todas causan daños similares.

Son muy fáciles de distinguir por la forma arqueada de sus larvas y su gran tamaño.

Sus larvas muerden las raíces de los olivos causando, si el ataque es fuerte, grandes daños e incluso la muerte del árbol.

El ciclo biológico dura aproximadamente tres años.

Ponen los huevos en primavera enterrados a gran profundidad.

Las larvas primero se alimentan de materia orgánica del suelo y después de las raíces.

Vuelan en primavera (melolonta) o en otoño (ceramida).

Al encontrarse en el suelo, a profundidad a la que los productos fitosanitarios no pueden llegar a combatirlos, es difícil su control. La aplicación de insecticida en el agua de riego ha ofrecido los mejores resultados.

1.12. Arañuelo del olivo

Es un insecto que se encuentra en todas las zonas olivareras mediterráneas.

En los adultos, de color negro, el macho es de menor tamaño que la hembra y miden 1,5 a 1,8 mm y 1,9 a 2,5 mm respectivamente. Los huevos de 0,2-0,4 mm son amarillentos en el inicio y pardos al final.

Las larvas, anaranjadas, al final de su desarrollo miden unos 2 mm.

Pasan el invierno en estado adulto, en galerías, tumores y grietas y cuando suben las temperaturas, el insecto se moviliza y se traslada a las hojas donde se alimenta.

Al final del verano inicia el apareamiento.

Las hembras ponen los huevos en galerías en el envés de las hojas, en un número de 80 a 100.

La incubación dura de 12 a 15 días, al cabo de los cuales surgen las larvas que se desplazan rápidamente a las hojas tiernas y a los brotes. La fase de larva dura de 29 a 44 días. Los insectos realizan pequeños vuelos y pueden pasar de un árbol a otro.

En verano los insectos se refugian en galerías de la corteza y en hojas secas caídas al suelo, subiendo en las horas de menor calor a alimentarse. En estas fechas se da una gran mortalidad. Al final del verano inician una tercera generación.

Los parásitos son poco conocidos y entre sus depredadores destaca el hemíptero *anthocoris nemoralis*

Los daños que causan se manifiestan por unas deformaciones muy características que se originan porque el insecto inyecta una sustancia que provoca alteraciones en los tejidos que hacen aparecer en el árbol entre nudos muy cortos.

En la lucha contra esta plaga, como norma preventiva, se aconseja eliminar con la poda los refugios en los que pasa el invierno. En caso de ataques importantes deben realizarse pulverizaciones con productos organofosforados o piretroides, cuando el insecto está en estado adulto.

1.13. Mosquito de la corteza

En esta especie que está extendida por toda la Cuenca del Mediterráneo, los adultos, de color negro con segmentos abdominales anaranjados, la hembra, y el macho, que es de color gris, tienen un tamaño de unos 3 mm de longitud.

Los huevos son alargados, transparentes y amarillentos y tienen una longitud de unos 0,25 mm.

Las larvas son transparentes al principio y se ponen después blanquecinas para terminar de color naranja se sitúan debajo de la corteza de las ramas jóvenes y tienen 3-4 mm de longitud.

Las hembras ponen de 10 a 30 huevos bajo la corteza aprovechando las heridas y después de 3-4 días nacen las larvas que excavan unas celdas de las que al cabo de unas tres semanas salen y se dejan caer al suelo donde forman un capullo de seda blanco. La duración del ciclo es de un mes y en general tienen dos generaciones al año, una en primavera y otra en verano.

Este insecto necesita condiciones de alta humedad para sobrevivir.

Los daños que causa se manifiestan por desecación de ramas pequeñas apareciendo una coloración rojiza.

En los medios de lucha sólo son posibles medidas culturales, que consisten en eliminar las ramas afectadas y utilizar cicatrizantes en las heridas en la poda.

1.14. Mosquito de la corteza

- ✓ Aves. Son diversas especies de aves las que originan pérdidas en el olivar, si bien la importancia económica no es, en general importante.

Los daños son debidos a que se alimentan de aceitunas maduras, pero como las poblaciones de pájaros no son importantes no se justifica ninguna intervención.

En casos extremos las medidas usuales consisten en suprimir los refugios naturales, disminuir las posibilidades de alimentación y usar ahuyentadores como espantapájaros, detonadores, cohetes y repelentes químicos.

En todo caso la eficacia de estos sistemas es baja, pues los pájaros se acostumbran a ellos rápidamente.

- ✓ Roedores. De todos ellos es el topillo (*pitymis duodecimostatus*) el que puede ocasionar daños más graves, pues se alimentan, entre otras cosas, de raíces causando el debilitamiento del árbol.

La presencia de topos se observa por los numerosos montículos de tierra, que aparecen en el olivar.

Roen no sólo las raíces, sino también el cuello del olivo, pudiendo en plantaciones jóvenes ocasionar incluso su muerte.

Los métodos de lucha son de tipo cultural, es decir:

- Realizar en todo el terreno labores profundas (subsolador o vertedera)
- Regar por inundación
- Eliminar las malas hierbas

La utilización de veneno colocándolo en la entrada de las galerías tienen bastante éxito.

- ✓ Conejos y liebres. Los daños causados por estos animales son difíciles de observar debido a las reducciones de población que origina la caza. Los daños, cuando aparecen, son importantes y se dan fundamentalmente en las nuevas plantaciones manifestándose por roeduras en el tronco que en muchos casos pueden producir la muerte del olivo.

En los primeros años de la plantación es cuando mayor gravedad puede producir sobre el olivo este tipo de plagas, pues la roedura de brotes jóvenes, y en el peor de los casos del brote terminal, puede frenar en gran medida el crecimiento del árbol y retrasar la llegada de las dimensiones y volumen óptimo del árbol.

La lucha se realiza protegiendo los troncos con plásticos (protectores), utilizando productos repelentes o cercando la explotación de olivar mediante una red o valla metálica de al menos 1 metro de altura y enterrada en el suelo otro tanto.

1.15. Productos recomendados en la lucha de plagas

Materias activas recomendadas para el control de plagas en el olivo

Plaga	Materia activa recomendada
Arañuelo	Dimetoato, formotion, malation, triclorfon
Barrenillo	Dimetoato, formotion
Cochinilla	Carbaril, fosmet, metil-pirimifos
Euzofera	Aceite de verano+fenitroton
Glifodes	Carbaril, dimetoato
Mosca	Dimetoato, formotion, triclorfon
Prays	Bacillus thuringensis (antófaga), dimetoato, formation, triclorfon
Serpeta	Malation
Negrilla	Azufre (mojable), cal, permanganato potásico, sulfato cuprocálcico

2. ENFERMEDADES DEL OLIVO

2.1. Introducción

Tras el nacimiento de la patología vegetal como ciencia, en la segunda mitad del siglo XIX, el número de enfermedades descritas para el olivo supera el medio centenar. Entre las diferentes enfermedades que afectan al olivo destacan las micosis, tanto foliares (repilo, antracnosis) como las causadas por los hongos del suelo (verticilosis). De los restantes patógenos, cabe destacar una bacteriosis, la tuberculosis o verrugas del olivo. También se han descrito infecciones por virus, fitoplasmas, nematodos o fanerógamas parásitas, pero son de escasa o nula importancia en nuestra geografía.

El origen autóctono de las variedades de los olivares tradicionales, a partir de híbridos naturales de acebuche., ha propiciado un equilibrio sutil entre el olivo y sus patógenos. Desgraciadamente, la alta variabilidad del clima mediterráneo contribuye con demasiada frecuencia a la ruptura de ese equilibrio. Ejemplos de ello son las graves infecciones fúngicas de hojas y frutos en años lluviosos, o cuando se plantan variedades muy sensibles a estos hongos en zonas microclimáticas más húmedas o con densidades elevadas de plantación.

La nueva olivicultura que implica una mayor uniformidad varietal, al difundirse solo las mejores variedades y un sistema forzado de cultivo (riego, fertilización, densidad de plantación mayor, protección de cultivo, etc) podría contribuir a alterar dicho equilibrio si no se toman medidas para evitarlo. Un ejemplo que, desgraciadamente parece apoyar esta pasividad es la verticilosis, desconocida hace veinte años y considerada actualmente la enfermedad más grave de los olivares, cuyo agente podría haber existido anteriormente sin llegar a manifestarse severamente.

A continuación se describen las principales enfermedades y daños de naturaleza abiótica que afectan al olivar.

Enfermedad	Agente causante
Micosis aérea	
Repilo	Spilocaea oleagina
Antracnosis	Colletotrichum gloeosporioides
Emplomado	Pseudocercospora cladosporioides
Negrilla	Capnodium elaeophilum
Escudete	Camarosporium dalmaticum
Lepra	Phlyctema vagabunda
Otras podredumbres del fruto	Fusarium, alternaria, cladosporium
Otras micosis foliares	Stictis, leveillula phyllactinia
Caries del tronco	Fomes, phellinus, polyborus stereum
Micosis radicales	
Verticilosis	Verticillium dahliae
Podredumbre de raíces	Phytophthora, fusarium armilaria
Bacteriosis	
Tuberculosis	Pseudomonas savastanoi pv. Savastanoi
Virosis	Nepovirus, cucumovirus, oleavirus
Nematodos	Pratylenchus, meloidogynes
Fanerógamas	Viscum, cuscuta
Abióticas	
Deficiencias de nutrientes	Boro, hierro, potasio
Daños diversos	Heladas, sequia, encharcamiento

2.2. Repilo

El repilo o caída de las hojas del olivo se ha considerado tradicionalmente la enfermedad más importante en el olivar español, tanto por su extensión como por los perjuicios que ocasiona en condiciones favorables para su desarrollo, como son los años lluviosos, plantaciones densas y mal aireadas y olivares próximos a ríos, arroyos, vaguadas y en general zonas húmedas.

La consecuencia más importante de la enfermedad es la intensa defoliación del árbol, con el consiguiente debilitamiento y disminución de la producción de la productividad. En ocasiones, también se han observado infecciones del pedúnculo del fruto, que origina su caída, lo que conlleva a un efecto negativo indirecto sobre la calidad del aceite, ya que aunque realmente no reduce la calidad organoléptica del mismo si que produce una disminución del rendimiento graso.

El síntoma más característico de la enfermedad se presenta en el haz de las hojas, donde se aprecian manchas circulares de color marrón oscuro-negro, a veces rodeadas de un halo amarillento característico. En otoño-invierno el halo suele estar ausente, mientras que en primavera es muy acusado. La apariencia de las manchas depende de la variedad de olivo, edad de la lesión y condiciones ambientales en las que se desarrolla, pero en cualquier caso siempre resulta fácil su identificación. Las lesiones viejas suelen presentar una coloración blanquecina.

En el envés de las hojas los síntomas son menos aparentes y consisten en zonas ennegrecidas discontinuas a lo largo del nervio central. Algunas veces la lesión se limita sólo al peciolo de la hoja, la cual cae aún verde o tras amarillear. Otras veces las lesiones pueden afectar al pedúnculo del fruto, originando el arrugamiento del fruto y una caída prematura de ésta. Mas raramente se observan lesiones en el fruto, la aceituna aparece deformada al detenerse el crecimiento de la zona afectada y estas zonas presentan una tonalidad marrón debida a las esporas del hongo.

Como consecuencia de las lesiones foliares se produce una caída importante de hojas lo cual se aprecia claramente en los árboles y sobre todo en ramas bajas que son las más afectadas por la enfermedad y que pueden totalmente quedar defoliadas o peladas.

El agente causante del repilo es un hongo hifomiceto, denominado tradicionalmente *cyclocontum oleaginum*. Actualmente está aceptada la asignación del hongo *spilocaea oleagina*. El hongo se desarrolla en la cutícula de los tejidos infectados, formando un entramado de hijas, de las que emergen al exterior conidióforos simples para asegurar la reproducción asexual mediante conidias. En los tejidos muertos el crecimiento micelial es más extenso, formando densas masas.

El patógeno sobrevive durante los períodos desfavorables, principalmente tiempo seco y caluroso, en las hojas caídas y sobre todo, en las hojas afectadas que permanecen en el árbol. Las conidias formadas en éstas últimas se mantienen viables durante varios meses, aunque una vez separadas de los conidióforos pierden su capacidad germinativa en menos de una semana.

Tras un periodo de tiempo húmedo puede producirse con facilidad una nueva tanda de conidias en las manchas foliares. Ello determina que en ambiente mediterráneos existan conidias viables disponibles para la dispersión o infección durante casi todo el año, con dos máximos, uno en otoño y otro al comienzo de la primavera, así como un número muy escaso o nulo durante el verano.

Las conidias se dispersan casi exclusivamente por la lluvia, de aquí que las sucesivas infecciones tengan lugar a cortas distancias, preferentemente en sentido descendente del árbol.

Una vez que las conidias han quedado depositadas en los tejidos susceptibles, la germinación sólo tiene lugar si existe agua libre o una humedad superior al 98%, con temperaturas en el rango 0-27 °C y el óptimo en torno a 15 °C. Tras la infección, el desarrollo del hongo queda restringido a la capa cuticular de las paredes de las células epidérmicas.

Estudios realizados recientemente llevados a cabo sobre la epidemiología del repilo en condiciones de campo ha permitido identificar el final de la primavera (mayo-junio) como un momento especialmente crítico para la infección. Si este periodo se presenta fresco y lluvioso, la abundancia de inóculo y la existencia de hojas nuevas, que son más susceptibles y no están protegidas por fungicidas, pueden llegar a dar infecciones severas. Estas infecciones permanecen latentes durante el verano, sin producir caída de las hojas y constituyen la fuente de inóculo principal para las infecciones del otoño-invierno.

Otro aspecto poco conocido del repilo es la susceptibilidad o resistencia de las diferentes variedades de olivo. Aunque la información al respecto es abundante, se han generado frecuentes contradicciones al respecto. Por ejemplo, para nuestro caso particular de variedad arbequina, según la bibliografía se trata de una variedad "extremadamente susceptible", mientras que si se hace referencia a estudios y ensayos en los que se inocula la enfermedad, nos viene a decir que es "moderadamente susceptible". Aunque se observan contradicciones al respecto, algo es seguro, la variedad arbequina es susceptible al repilo, por lo que habrá que poner a disposición de la plantación todas las medidas necesarias para evitar dicha enfermedad o en un caso peor, producir su dimensión al máximo.

En general, debido a la importancia que tienen la elevada humedad ambiental y el agua libre en el desarrollo de la enfermedad, son recomendables aquellas medidas culturales que favorezcan la ventilación de los árboles, tales como podas selectivas y marcos de plantación que eviten copas densas o muy juntas, muy contradictorio con la elección de olivar de alta densidad en marco de plantación de 4*1,5 metros. Otro factor que influye significativamente en la severidad de las infecciones es el estado nutritivo del árbol. En general, el exceso de nitrógeno y la deficiencia de potasio la parecen favorecer las infecciones por *S. oleagina* (De Andrés, 1991; Bohórquez et al., 1998). Por ello, se recomienda no abusar de los abonos nitrogenados y vigilar la fertilización potásica.

La eficacia de aplicaciones foliares con fungicidas protectores contra la enfermedad es bien conocida en España y en Navarra, se trata pues de tratamientos preventivos. A falta de un sistema predictivo del repilo, se recomienda realizar los tratamientos al principio del otoño y al final del invierno, coincidiendo con el comienzo de los principales periodos de infección. Además, en olivares afectados, el tratamiento de primavera resulta crítico para el control del repilo ya que reduce la infección primaria de las hojas nuevas, las cuales serán responsables de la epidemia de otoño-invierno siguiente.

Entre los fungicidas utilizados destacan por su eficacia y persistencia los productos cúpricos y las mezclas de cobre con fungicidas orgánicos (ditiocarbamatos, etc). Dado que los tratamientos son preventivos, es necesario mojar muy bien con el caldo fungicida toda la copa del árbol y preferentemente las ramas bajas e interiores, que es donde más frecuentemente se desarrolla la enfermedad. Como los periodos de la infección pueden ser relativamente largos, un factor relevante para la eficiencia del fungicida es su persistencia o resistencia al lavado por la lluvia. Estudios recientes han puesto de manifiesto que no existen diferencias notables de persistencia entre fungicidas de origen cúprico, no depende tampoco de las dosis, sino que es la formulación comercial del producto con cobre la que mayor repercusión tiene (marcha et al. 2003). Finalmente, al igual que ocurre con otras roñas de frutales, el crecimiento subcuticular del hongo facilita la acción de productos penetrantes o sistémicos. Aunque varios de ellos han sido ensayados con éxito contra el repilo (ej. Dimeconazol, dodina, drexoxim-metil, tebuconazol, etc) y podría ayudar a mejorar la estrategia de lucha, sobre todo en primavera, sin embargo no son actualmente ampliamente utilizados. (Tratpero, 2003).

2.3. Verticilosis

La verticilosis del olivo fue diagnosticada por primera vez en Italia en 1946 y desde entonces ha sido descrita en California, Arizona y en numerosos países del área mediterránea. En España, en la actualidad es la enfermedad que más preocupa al agricultor por la dificultad de controlarla. La difusión de la verticilosis está asociada al establecimiento de nuevas plantaciones intensivas y a la utilización de suelos infestados por el patógeno. En los últimos años, la importancia de la enfermedad ha aumentado progresivamente de forma paralela al aumento de la superficie e intensidad del cultivo.

Aunque la enfermedad no se manifiesta siempre con los mismos síntomas se distinguen dos complejos síntomas denominados “apoplejía” y “decaimiento lento”.

La apoplejía consiste en una muerte rápida de ramas o de la planta completa. Suele producirse durante el otoño o invierno. Las hojas quedan adheridas, aunque en árboles jóvenes pueden desprenderse. El síndrome de la apoplejía se manifiesta inicialmente por la pérdida del color verde intenso de las hojas que comienza en los extremo de las ramas. La aparición y severidad de éste síndrome, parece estar asociada a lluvias intensas en otoño y a temperaturas moderadas en otoño en invierno. El decaimiento lento aparece principalmente en primavera. El síntoma más característico es la desecación y momificación de las inflorescencias, que permanecen adheridas. La superficie de las ramas infectadas adquiere con frecuencia un color morado peculiar y en ocasiones se produce una coloración marrón o rojiza en los tejidos vasculares.

El decaimiento lento posee los mismos síntomas que la apoplejía, pero al contrario que ésta la cronología de los síntomas es mucho más lenta.

El agente causante de la verticilosis es el hongo hifomiceto *verticillium dahliae*. Este hongo se reproduce asexualmente por medio de conidias y produce microesclerocios adaptados a soportar condiciones ambientales adversas. Gracias a ello persiste en el suelo durante años, incluso en ausencia de plantas susceptibles o en condiciones de no cultivo del olivar. La gama elevada de malas hierbas de hoja ancha, le permite aumentar la población en el suelo con facilidad.

La variabilidad patogénica de las poblaciones de *v. dahliae* que infestan el suelo es amplia: la mayoría posee una virulencia moderada son las que prevalecen actualmente en las zonas de olivar. Existen además otros tipos más virulentos que causan la defoliación total del olivo.

Los microesclerocios existentes en el suelo germinan produciendo hifas que penetran en las raíces de la planta, hasta alcanzar el sistema vascular. También es posible que la enfermedad se inicie a partir de plantones infectados que son llevados a campo de forma inadvertida desde el lugar de producción, para nuestro caso se deberá rechazar toda la planta de vivero que pueda estar infectada de verticilosis.

Las labores de las calles de cultivo facilitan la distribución de la plaga del patógeno y causa heridas radicales que pueden favorecer la penetración. Otra forma de introducción de la plaga es por las heridas de naturalezas diversas producidas en las raíces o por la inserción de raíces secundarias.

Una vez en el xilema, el micelio produce conidias que colonizan la planta por traslocación con la corriente de savia hacia zonas superiores. Cuando los síntomas alcanzan cierta severidad comienza la formación de microesclerocios, primero en el xilema y después en el resto de los tejidos. Las plantas enfermas se defolian y en las hojas se forman microesclerocios. Una vez que los restos de material vegetal se descomponen, los microesclerocios quedan libres o en grupos asociados a la materia orgánica, dispuestos a iniciar nuevas infecciones desde el suelo.

El patógeno se distribuye en el campo de diversas formas, que incluyen movimiento de suelo infestado, aperos y herramientas, agua de riego y material vegetal infectado, especialmente las hojas. A grandes distancias, el hombre contribuye a su dispersión con el traslado de material vegetal infectado de unas zonas a otras. Por esta razón es imprescindible utilizar material vegetal procedente de vivero libre de esta enfermedad, tratamiento en la medida de lo posible de aguas de riego, reducir laboreos profundos y desinfección de las herramientas de poda.

En el campo, la enfermedad suele aparecer a partir de los dos años de la plantación, aunque si se utilizan plantas infectadas, puede aparecer antes. En olivo y en otros huéspedes leñosos, ocurre con frecuencia que las plantas enfermas en un año se recuperan de la enfermedad en el año o en los años siguientes. El fenómeno de la recuperación puede explicarse por la inactivación o muerte del patógeno en el xilema viejo (López-Escudero y Blanco-López, 2005). El tiempo de recuperación depende lógicamente de la susceptibilidad de la variedad utilizada hacia el patógeno.

La dificultad de controlar la verticilosis del olivo está motivada principalmente por la supervivencia prolongada del hongo en el suelo y la inaccesibilidad al mismo por su ubicación en el xilema. La ausencia de métodos eficaces contra la enfermedad, resalta la necesidad de integrar todas las medidas de lucha disponibles, aunque individualmente sean de eficacia limitada.

Las medidas preventivas son las más eficaces y económicas para el olivicultor. Las dos más importantes son plantar en suelos no infestados y utilizar material de plantación libre del patógeno. Actualmente existe un programa de certificación de material vegetal para la producción y de plantas de olivo libres de verticilosis, así como de tuberculosis, virosis y nematodos transmisores de virus, regulado por el Real Decreto 1678/1999.

Los métodos de control se pueden dividir en los que se realizan antes de la plantación y los realizados tras ella.

En olivo, la solarización es eficaz para el control en situaciones de potencial de inóculo moderadas pues se trata a la vez que de altos rendimientos de alto coste y dificultad. Los tratamientos químicos de suelo con la mezcla de bromuro de metilo y cloropierina ha resultado eficaz pero con las limitaciones de su alto coste, dificultad de aplicación, toxicidad, perjuicio medioambiental y prohibición de utilización. El metam-sodio, otro producto químico eficaz en la erradicación del patógeno, de forma independiente, o conjunto a la solarización, podría utilizarse en tratamiento localizado para evitar problemas de replantación.

Aunque se apliquen los métodos de control descritos, el riesgo que supone para las nuevas plantaciones el empleo de suelos infestado no se elimina completamente. Por ello, en estos casos siempre es recomendable utilizar cultivares con cierto nivel de resistencia al patógeno, o al menos evitar los susceptibles. Destacan por su elevado nivel de resistencia los cultivares denominados "frantoio" y "oblonga", por encima de los nacionales más resistentes como empeltre.

El uso de portainjertos resistentes, aporta un elemento adicional para el control de la verticilosis. Ensayos en campo, utilizando como portainjertos los cultivares empeltre, frantoio u oblonga demuestra que los olivos permanecen asintomáticos en su gran mayoría, mientras que los pocos que son afectados la incidencia y severidad de la enfermedad es inferior a plantas sin portainjertos.

Tras la plantación, las medidas de lucha deben de ir dirigidas a evitar o reducir la enfermedad. Las estrategias consisten en métodos excluyentes, erradicativos y métodos de escape.

Los métodos excluyentes impiden o limitan el acceso del patógeno al campo y se posterior distribución. Por ello, las plantaciones de olivar deben situarse alejadas de las zonas de influencia de cultivos huéspedes del patógeno, por lo que se recomienda que no existan huertos en las proximidades de la plantación y que estas se encuentren bien aireadas

Los métodos erradicativos tienen como objetivo reducir la densidad de inóculo existente en el suelo y limitar su crecimiento mediante el control de malas hierbas, destrucción de restos infestados, solarización o control químico. La mayoría de los agricultores restan importancia al papel epidemiológico que desempeñan las hijas caídas procedentes de árboles enfermos y ellas sonen gran medida las responsables de la dispersión del patógeno por acción del viento y el agua. Los métodos erradicativos se pueden completar con otros como la solarización y el control biológico, donde hongos antagonistas de verticilosis pueden actuar inhibiendo su crecimiento o causando su muerte. También el enterrado en verde de ciertos cultivos actúa directamente sobre el patógeno en el suelo. Lo mismo ocurre con la aplicación de materia orgánica al suelo, que además de mejorar la estructura del suelo libera compuestos químicos con acción fúngica sobre el patógeno.

Los métodos de escape reducen la eficacia del patógeno a pesar de su presencia en el suelo. Entre estos métodos se encuentra reducir la dosis de riego y aplicarlo durante el verano, que es un período desfavorable para la actividad del patógeno. De igual forma se recomienda disminuir el uso de abonos nitrogenados y efectuar un abonado equilibrado.

La terapia de los árboles enfermos mediante fungicidas aplicados foliarmente o al suelo no ha dado resultados prácticos. Actualmente se está ensayando la aplicación de fungicidas sistémicos (bencimidazoles) por inyección en el tronco pero todavía no se tiene evidencia experimental para catalogar este método como eficiente.

Como se ha observado la verticilosis se trata de una enfermedad difícil de controlar, maligna y no muy conocida pues no se conoce desde hace mucho tiempo. Por esta serie de razones, el desarrollo de nuevos métodos de lucha dentro de los grupos de técnicas de evasión de la plaga y de control químico y biológico, supone una esperanza para el control de la verticilosis del olivo, que tanto ahora como en el futuro, debe ser dirigida hacia un sistema de lucha integrada.

2.4. Tuberculosis

La tuberculosis, verrugas, tumores o agallas del olivo, es una enfermedad distribuida en toda el área del cultivo del olivo. La tuberculosis es una enfermedad histórica causada por la bacteria denominada bacterium savastanoi.

Los árboles afectados muestran menor vigor, reduciendo el crecimiento y el fruto tiene un sabor amargo, rancio o salado que disminuye la calidad del aceite.

El síntoma más común es el tumor o agalla de forma redondeada que llega a alcanzar varios centímetros de diámetro. Los tumores se forman en el tronco, ramas, tallos y brotes. Las hojas, raíces y cuello de la planta pueden verse afectadas, aunque con menor frecuencia e intensidad. Las infecciones en el fruto suelen ser infrecuentes.

Los tumores se producen en verano con las lluvias abundantes, causando manchas de 0,2 a 3 mm de diámetro, que inicialmente son de color marrón y después oscurecen y quedan deprimidas. Los tumores jóvenes son de color verdoso o marrón claro y de aspecto liso. En cambio, los tumores viejos son más oscuros, con tejido interno hueco que suele aprovecharse como morada para los insectos. Los tallos severamente afectados crecen menos, se defolian y pueden llegar a morir.

La bacteria causante de la tuberculosis se denomina actualmente *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*. Posee de 1 a 4 flagelos y pertenece al grupo de las pseudomonas fluorescentes. En el tejido infectado, la bacteria forma pequeñas cavidades a partir de las cuales comienza a desarrollarse el tumor asociado a la producción por parte de la bacteria de ácido indolacético y citoquinonas.

La bacteria sobrevive de una estación a otra en los tumores. En presencia de agua libre, produce exudados que pueden ser lavados por el agua de lluvia, dispersando al patógeno.

Las heridas producidas por la caída de la hoja, daños de insectos, heladas, granizo, cortes de poda o por el vareo de la recolección, son las principales zonas de infección, siendo sobre abril y en noviembre el alcance máximo de las poblaciones en la parte aérea.

El rango de temperaturas para la infección es de 4 a 38 °C, lo que permite a la bacteria causar infecciones durante el invierno, aunque el óptimo se sitúa en los 23-24 °C, siendo los periodos de otoño y primavera los principales para las posibles infecciones.

La dispersión de la bacteria a gran distancia está asegurada por el traslado del material vegetal y a corta distancia puede dispersarse de una planta a otra en aerosoles y en las herramientas de poda. Aunque tienen una importancia menor los pájaros y la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*), pueden contribuir a la dispersión.

Las condiciones climáticas tienen un claro efecto sobre la incidencia y severidad de la enfermedad. Las zonas con abundantes lluvias durante la estación primaveral y con riesgo de heladas tardías o granizo son las más afectadas.

De forma análoga a la verticilosis, la ausencia de métodos eficaces de control hace necesario establecer una estrategia de lucha integrada. Una medida importante es reducir la fuente de inóculo, eliminando los tejidos con tumores las herramientas después de podar los árboles afectados. La nutrición equilibrada y el riego de apoyo contribuye a reducir las infecciones, evitando las heridas ocasionadas por defoliación. Así mismo, se recomienda el control de plagas o enfermedades que den lugar a caída de hojas o heridas.

Se han citado algunos productos contra la tuberculosis a base de hidrocarburos, aceites, antibióticos y mezclas de ellos para su aplicación por pulverización o en forma de pintura. La mayor parte de ellos son caros e ineficaces, aunque la mezcla de antibióticos a base de esteptomicina y terramicina ha dado resultados cuando se aplica a tumores jóvenes. También se recomienda la aplicación de violeta de genciana para proteger las heridas. Los fungicidas derivados del cobre, entre ellos el caldo bordelés, tiene acción bactericida. Aunque su efecto es temporal y se necesita de aplicaciones repetidas, está indicado su uso ante una situación de riesgo de heladas o granizo, o inmediatamente después de ellas para proteger la zona de infección especialmente en primavera. En este sentido, los fungicidas cúpricos utilizados contra el repilo, tienen un efecto beneficioso indirecto sobre la tuberculosis. En zonas de heladas frecuentes, deben realizarse aplicaciones en otoño y en primavera para reducir las infecciones.

Parece estar relacionado la resistencia al frío de cada variedad y la tuberculosis. Los cultivares con niveles considerables de resistencia al frío presentan escasa incidencia de tuberculosis, propio de la variedad arbequina ha implantar en nuestra plantación.

Otra posibilidad de lucha es el control biológico. Por el momento es una esperanza ya que los estudiados hasta el momento, no tienen suficiente poder para inhibir al patógeno por completo.

2.5. Antracnosis

Esta enfermedad conocida también con los nombres de aceituna jabonosa, lepra, "vivillo" o momificado, está presente en mucho países olivereros y uno de ellos es el nuestro. El efecto principal sobre el olivo es la podredumbre de las aceitunas, asociada con una notable pérdida de peso y su caída prematura, lo que origina aceites de elevada acidez y muy baja calidad, nos da "aceites colorados".

En España, los ataques más importantes de la enfermedad se producen en las zonas húmedas del sur y noreste peninsular, alcanzándose pérdidas del 40% de la cosecha potencial, además de la nefasta influencia sobre la calidad del aceite.

La susceptibilidad de esta enfermedad varía considerablemente de acuerdo con la susceptibilidad de la variedad, lo favorecedor del ambiente y la virulencia de la población del patógeno. La disminución de la enfermedad se atribuye al clima seco, al incremento de la utilización de tratamientos químicos, especialmente fungicidas cúpricos, o al cambio de la virulencia del hongo.

Se presentan dos síntomas: la podredumbre y momificación de los frutos (aceituna jabonosa) y la defoliación y desecación de las ramas. El primero es el más característico y es el único que ha sido observado en nuestro país.

Los síntomas sobre el fruto son más frecuentes durante la maduración, cuando cambian de color. Consiste en lesiones necróticas deprimidas y redondeadas, de color ocre o pardo, que crecen y pueden llegar a fusionarse dando lugar a la podredumbre parcial o total de la aceituna. Los frutos podridos sufren un proceso de deshidratación, se arrugan y quedan momificados.

En tiempo húmedo se forman en las lesiones de las aceitunas los cuerpos fructíferos del hongo que se disponen en zonas concéntricas alrededor del centro de la lesión, produciendo las conidias reproductoras. Esta sustancia gelatinosa es de color rosa-anaranjado al principio, después se vuelve parda y confiere un aspecto característico al fruto afectado, al que alude el nombre vulgar de "aceituna jabonosa".

Cuando una rama presenta una alta incidencia de aceitunas afectadas, la rama se seca y se marchitan sus hojas, seguido de una defoliación, desecación y muerte apical de las ramas, originando un debilitamiento general de los árboles. A diferencia de las ramas defoliadas por el repilo o el emplomado, las ramas afectadas por este síndrome se necrosan completamente y no produce nuevos brotes.

El hongo causante de la enfermedad ha sido identificado como *colletotrichum gloeosporioides*. Este hongo crea en las aceitunas afectadas conidias acervuladas, carentes de setas, en lo que se producen las conidias unicelulares, hialinas, elipsoidales, rectas o ligeramente curvadas y de 12-25*3,6-6 micrómetros.

El ciclo de vida del patógeno responsable de la antracnosis sobre el olivo no es bien conocido. Estudios pasados indicaron que el hongo podría sobrevivir desde el invierno al otoño siguiente en las aceitunas momificadas que caen al suelo, las cuales constituirán la fuente de inóculo primario para las infecciones que se inician con las primeras lluvias otoñales. En cambio, otros investigadores consideran que el hongo sobrevive durante el invierno en los frutos momificados que permanecen en el árbol, mientras que los frutos que caen al suelo, son destruidos por insectos, pájaros o bien son enterrados con las labores, por lo que no participan en la generación del nuevo inóculo.

Lo que sí está claro, es que el desarrollo es totalmente dependiente de la humedad. La esporulación requiere una humedad relativa elevada y la lluvia es necesaria para la dispersión de las conidias en las gotas de agua. También es necesaria la presencia de agua libre (lluvia, rocío) en la superficie de los frutos para que se produzca una germinación de las conidias.

En situaciones no limitantes de humedad, la infección puede ocurrir entre 10-30 °C, con un óptimo alrededor de 20-25 °C.

La elevada correlación entre los ataques de la mosca del olivo (*B. oleae*) y las infecciones por *colletotrichum* se ha explicado por la mayor facilidad para el establecimiento de la infección fúngica en las heridas de puesta o salida de la larva ocasionadas en los frutos por la mosca, pero no se tiene evidencia de que la mosca sirva como vector de dispersión del patógeno.

Al igual que para el repilo, se recomienda aquellas medidas culturales que favorezcan la ventilación de los árboles, así como eliminar las aceitunas momificadas, adelantar la recolección y plantar variedades poco susceptibles en zonas muy favorables para la enfermedad. En las regiones donde se producen ataques en ramas, se recomienda también la eliminación de las ramas afectadas para reducir las fuentes de inóculo.

La aplicación de fungicidas para proteger los frutos de las infecciones es la medida de lucha más utilizada. Se emplean compuestos cúpricos y la mezcla de éstos con fungicidas orgánicos. Dado que son tratamientos preventivos, es necesario mojar bien los frutos antes de las lluvias otoñales. Este tratamiento, que coincide con el principio del otoño del repilo es válido contra ambas enfermedades.

2.6. Negrilla

La negrilla, tizne o fumagina es una enfermedad bien conocida por los agricultores y difundida en todas las zonas olivareras. Se caracteriza por la formación de una capa negra superficial, parecida al hollín, sobre las hojas, ramas, troncos y en ocasiones, también sobre los frutos. Esta capa negra, que se desprende fácilmente con el dedo, está constituida por micelio y esporas de los hongos patógenos, los cuales viven en las partes exteriores utilizando las subsustancias azucaradas (melazas) producidas generalmente por la cochinilla de la tizne (*saissetia oleae*) o algunas veces, por el propio árbol en situaciones de estrés. La negrilla forma una pantalla que dificulta o impide diversas funciones fisiológicas de los tejidos afectados, por lo que si es ataque intenso, el vigor del olivo disminuye sensiblemente.

Los agentes causantes de esta enfermedad son varios hongos ascomicetos e hifomicetos, entre los que sobresalen especies de los géneros *capnodium*, *limacinula* y *aureobasidium* y en particular la especie *c. elaeophilum*. Además de los ataques de *s. oleae*, o situaciones de estrés, la severidad de los ataques de negrilla está determinada por una elevada humedad relativa y temperaturas suaves. Por ello, los ataques más graves de esta enfermedad se producen durante el otoño y primavera en zonas bajas y húmedas, o en olivares densos, frondosos y en general, más ventilados.

Las medidas de control se centran en la lucha contra cochinilla o en evitar o corregir el factor causante de la exudación del árbol. Así mismo, se recomiendan podas de aclareo que favorezcan la ventilación de los árboles. Cuando los ataques son muy intensos, deben tratarse también los árboles con algún fungicida para ayudar a la eliminación del patógeno.

2.7. Enfermedades y daños causados por agentes abióticos

2.7.1. Anomalías en la nutrición

Las alteraciones ocasionadas por carencia de nutrientes o como consecuencia de la toxicidad de algunos elementos causan pérdidas considerables en el olivar y son revisadas en el Anejo 8 fertilización.

2.7.2. Humedad del suelo

El olivo se considera muy sensible al exceso de humedad en el suelo, pero se recupera fácilmente si el exceso ocurre durante un corto período de tiempo. Por el contrario, si las condiciones persisten, puede producir asfixia radical y muerte de la plana, así como favorecer el desarrollo de podredumbres radicales causadas por diversos hongos del suelo. Los árboles jóvenes son más susceptibles que los adultos a situaciones de encharcamiento. Los síntomas ocasionados por el exceso de humedad son detención del crecimiento, clorosis y amarilleces foliares generalizadas, defoliación y caída del fruto.

Sin embargo, los problemas más importantes relacionados con la humedad del suelo se deben a la escasez de agua. La pérdida de producción debido a la falta de agua son superiores a cualquiera de las causadas por otros daños, plagas o enfermedades. En situaciones de sequía extrema se ha producido incluso la muerte de ramas o árboles adultos por falta de agua tanto en suelos pobres como en suelos profundos.

2.7.3. Heladas

La zona de cultivo más importante del olivo está sentada en la cuenca mediterránea, que presentan amplias variaciones en las condiciones climáticas locales. Si las temperaturas medias de invierno/verano se sitúan en torno a los 5/20 °C, son frecuentes oscilaciones térmicas en el intervalo de +/- 10 °C. Aunque el olivo es moderadamente resistente a temperaturas bajas, cuando éstas sobrepasan los niveles de resistencia, pueden causar la muerte de brotes, ramas e incluso de la planta completa. Frecuentemente, sin embargo, la parte baja del tronco no es afectada.

La resistencia al frío, además de ser un factor varietal, depende del momento en el que se produce. En general, el olivo en reposo invernal tolera bien el frío. En caso de bajas temperaturas durante el invierno, los daños producidos son mínimos, afectando únicamente a brotes y tallos de menor tamaño. En términos medios las hojas pueden soportar temperaturas próximas a -10 °C y el tallo a -15 °C, mientras que los frutos se dañan a temperaturas superiores. En el Anejo 2 correspondiente a la elección variedad se describe el manejo de cultivo ante período de fuertes heladas durante la fase de formación del olivo.

Por el contrario si las heladas se producen durante el periodo de desarrollo vegetativo, el umbral de daño para las hojas está en torno a -5 °C, las bajas temperaturas del invierno ocasionan daños a hojas, frutos y tallos sin llegar a producir en general su muerte. Sin embargo, las heladas tardías de primavera o las tempranas de otoño, con fríos repentinos y de escasa duración, son especialmente graves y causan la muerte de tallos y ramas principales.

Las heladas producen el arrugamiento del fruto. Los pedúnculos se vuelven marrones y se marchitan y el contenido y calidad del aceite disminuye. Las hojas, especialmente las más jóvenes, adquieren un tono verde pálido y se curvan transversalmente hacia el envés. En casos de fríos intensos y en hojas de más edad, se producen necrosis apicales que recuerdan a las carencias de boro o potasio. Cuando las heladas son pronunciadas y el brote muere por la acción de las bajas temperaturas, las hojas se secan completamente y quedan adheridas de forma similar a los síntomas ocasionados por la verticilosis aunque pueden distinguirse de esta por su tonalidad más oscura. Las heladas causan heridas en la corteza que afectándola, produciendo fisuras características, que pueden ser utilizadas por la bacteria de la tuberculosis o por insectos (*euzophera*, *phloeotribus*, etc) aprovechando la debilidad de la planta para producir daños adicionales.

Los plántones jóvenes de olivo son especialmente sensibles a las heladas y son en estas edades de la planta donde los daños son más severos, ya que una helada fuerte puede afectar a las ramas más tiernas a la rama apical que nos servirá como guía vertical en la formación del árbol y a causar la muerte del plánton por lo que se deberá realizar una replantación de las plantas afectadas con su aparejado sobre coste y demora del tiempo de amortización y producción potencial.

2.7.4. Granizo

El granizo también puede provocar daños considerables en el olivo, con pérdidas estimadas según De Andrés en 1,6% de la producción total de España. El efecto principal es la destrucción de los tejidos herbáceos y de la consistencia semil leñosa.

La intensidad y momento de la granizada define la importancia de las pérdidas. Si se produce en floración o con el fruto formado, las pérdidas llegan a ser cuantiosas. Los brotes tiernos pueden troncharse y causar heridas considerables en tallos y ramas. Los efectos secundarios son muy similares a los causados por daños de frío y heladas ocasionadas, especialmente las producidas con temperaturas elevadas y humedad o lluvia, son aprovechadas por *P. savastanoi* para penetrar. En este caso, como ya se ha indicado, el desarrollo del tumor puede ser muy rápido y de graves consecuencias.

3. PLAGAS DEL OLIVO

Enero

No se aconseja ningún tratamiento específico

Febrero

- ✓ Tuberculosis y heladas. En caso de producirse heridas en brotes y ramas de pequeño tamaño por heladas, es aconsejable tratar lo antes posible con compuestos cúpricos (hidróxido, oxiclورو, óxido o sulfato de cobre), sobre todo cuando en la plantación existan tumores de tuberculosis para evitar reinfecciones.

Esta aplicación se hará si las previsiones climáticas no señalan nuevas heladas después del tratamiento.

Marzo

- ✓ Tuberculosis. Esta enfermedad bacteriana, se manifiesta en ramas jóvenes con la aparición de tumores o bultos al principio verdes, pequeños y lisos. Después crecen y se hacen duros, leñosos y con grietas en su superficie. Se aconseja podar los árboles afectados en último lugar, además de cortar y quemar las ramas enfermas, tratando después con algún compuesto cúprico de los indicados anteriormente.
- ✓ Repilo. Este hongo inicia sus infecciones al comenzar a elevarse las temperaturas, entre 10 y 20 °C y en presencia de lluvias. Se realizará un tratamiento después de la poda con captan, compuestos cúpricos comentados anteriormente, compuestos órgano-cúpricos (negrilla), difenoconazol, dodina, folpet, kresoxim, mancozeb, maneb, propineb o tebuconazol.
- ✓ Barrenillo. Este es el momento de preparar trampas-cebo contra esta plaga dejando en la parcela una parte de la leña cortada en la poda (ramas de 5-10 cm de diámetro) para que el insecto efectúe sobre ella la puesta de huevos. Posteriormente se realizará la destrucción de dichos cebos.
- ✓ Agusanado de la madera (*euzophera pingüis*). Esta plaga va asociada co lesiones producidas en la recolección, poda, granizo, etc, por lo que se favorecerá su cicatrización antes de que se inicie el vuelo en el mes de mayo y evitar las puestas de huevos.

Abril

- ✓ Tuberculosis, repilo y barrenillo. Idem marzo.

Mayo

- ✓ Cochinilla. En plantaciones con presencia de esta plaga, un solo tratamiento en prefloración con piriproxifen, suele ser suficiente para el control de la misma.
- ✓ Barrenillo. Se recomienda destruir a finales de este mes de mayo la leña de poda que se dejó en marzo y abril en las parcelas como cebo trampa para que hiciera sus puestas esta plaga. Esta eliminación es muy importante como medida de lucha para reducir nuevos ataques y la expansión de la plaga, evitando que nazcan nuevos adultos.

-
- ✓ Prays o polilla. Es aconsejable tratar sobre todo aquellas parcelas con poca muestra de flor, entre el inicio de la misma y hasta cuando el 40-50% de las flores estén abiertas con bacillus t, clorpirifos, diazinon, dimetoato, etofenprox, fosmet, clorpirifos, o piretroides (alfacipermetrin, betaciflutrin, cipermetrin, deltametrin, lambdacialotrin y zetacipemetrin).
 - ✓ Polilla menor del olivo (zelleria oleastrella). Esta plaga afecta a las hojas de los brotes más tiernos y a las yemas de flor causando daños en plantaciones de cualquier edad. Tiene varias generaciones al año y se aconseja tratar al observar el inicio de sus ataques con deltametrin o lambdacialotrin. Para obtener un mejor control, tratar a horas en que la temperatura supere los 15 °C.
 - ✓ Agusanado de la madera (euzophera pingüis). Esta plaga va asociada con lesiones producidas por podas, granizo, etc, lugares donde deposita sus huevos (como la sesia en los frutales de pepita). El máximo vuelo de la primera generación se produce en mayo. Puede provocar daños graves en árboles jóvenes, cuando las galerías rodean las ramas e impiden circular la savia. El ataque se produce entre la corteza y la madera y se aprecia fácilmente por la presencia de serrín.

Vigilar las plantaciones con el fin de observar su presencia, para interferir al darse el aviso de tratamiento. Los insecticidas que pueden utilizarse son clorpirifos y fosmet. Es conveniente añadir al tratamiento un aceite de verano.

- ✓ Repilo. La prefloración es uno de los momentos aconsejados para controlar este hongo, coincidiendo con el tratamiento de alguna de las plagas citadas. Pueden utilizarse captan, los compuestos cúpricos comentados, compuestos órgano-cúpricos que también actúan sobre la negrilla, difenoconazol, dodina, folpet, kresoxim-metil, mancozeb, propineb o tebuconazol.

Junio

- ✓ Cochinilla, polilla o prays. Idem mayo.
- ✓ Barrenillo. Se recomienda destruir en la primera semana de junio, si todavía no se ha hecho, la leña de poda que se dejó en marzo y abril como cebo trampa para que hiciera sus puestas esta plaga, como medida de lucha para reducir su expansión, evitando la nascencia de nuevos adultos. En áreas muy afectadas por la plaga, esta técnica se complementará con tratamientos insecticidas que se iniciarán el próximo mes de julio.

-
- ✓ Taladro de la madera (*euzophera pingüis*). Se pueden iniciar los tratamientos contra esta plaga hacia mediados de este mes y repetir el mismo a las 2-3 semanas. Es importante mojar bien troncos y ramas principales para que el caldo penetre por las heridas de la madera. A los insecticidas utilizables como clorpirifos y fosmet se aconseja mezclar aceite de verano.

Julio

- ✓ Repilo. En campañas que se producen ataques bastante tardíos de esta enfermedad, pudiéndose apreciar en hoja las típicas manchas de "ojos de gallo". Es importante tratar con productos que tengan efecto de parar el desarrollo de la enfermedad y proteger las hojas que todavía no estén contaminadas (sistémico+contacto).
- ✓ Taladro de madera (*euzophera pingüis*). Esta plaga se localiza en el tronco, entre el suelo y las primeras ramas. La zona de entrada es a través de heridas de poda, granizo, heladas, etc. Si todavía no se ha hecho ningún tratamiento, es aconsejable efectuarlo en la primera semana de este mes y los que ya lo hicieron realizar el segundo. Se pulverizará directamente al tronco con pistola, mojando bien la madera con una presión media. A los insecticidas utilizables como clorpirifos y fosmet, se le añadirá aceite blanco de verano o aceite parafínico.
- ✓ Barrenillo (*phloeotribus scarabeiodes*). Aunque la destrucción de la madera de poda dejada como cebo es la mejor técnica de lucha contra esta plaga, en algunas plantaciones, donde sus poblaciones y daño son elevados, pudiera ser necesario complementar aquella con tratamientos insecticidas, sobre todo las parcelas con árboles envejecidos, debilitados por accidentes meteorológicos (hielo o granizo) o si además se dan los siguientes umbrales:
 - Plantaciones en formación, con solo la presencia de adultos
 - Plantaciones en producción con el 15% de brotes afectados

Como la mayoría de los adultos realizan su vuelo desde mediados de julio a finales de agosto (máxima salida en la 2ª quincena de julio), sería aconsejable iniciar los tratamientos a mediados de este mes con dimetoato-40.

Agosto

- ✓ Mosca. En este mes se producen normalmente las primeras capturas adultas de esta plaga. En el momento que se aprecien los primeros daños en el fruto se comenzará a pensar en el tratamiento.
- ✓ Barrenillo. Idem julio.

Septiembre

- ✓ Cochinilla. Si todavía no se ha tratado esta plaga, bien en prefloración durante la primavera o a finales del pasado mes de agosto, todavía podría hacerse durante los primeros días de este mes de septiembre, con fenoxicarb-60, fosmet-30 o malatión-7. Se aconseja incorporar a estos aceite blanco de verano.
- ✓ Mosca. Como la distribución de daños es muy variable, incluso de unas fincas a otras, se aconseja realizar observaciones en cada parcela con el fin de evaluar el índice de ataque y decidir si se trata o no. Para calcular ese índice, se muestrearán el 10% de los árboles de cada parcela y en cada árbol 25 aceitunas de su cara sur. En estos momentos se recomienda tratar contra adultos para evitar el picado de la aceituna, mediante la técnica del parcheo. Esta consiste en pulverizar unos 2 m² de la cara sur del árbol, utilizando 200 cc de caldo de na disolución de deltametrín 2,5 al 0,5%-(7), dimetoato 40 al 0,6%-(12), malatión 50 al 0,6%-(7), piretrina natural+rotonona al 0,5%-(o) o triclorfon 80 al 0,5%-(10). En todos los casos se añadirá proteína hidrolizada 30% como cebo atrayente a razón de 1,5%.

Sólo con el dimetoato 40, también podría utilizarse como atrayente, la feromona 1,7 dioxaspiro undecano 14,25% a razón de 14 cc por 100 l de agua. El plazo de seguridad de ambos atrayentes lo marcará el insecticida de la mezcla. Se aconseja tratar con este sistema al observar la 1ª aceituna picada y se continuará mientras el grado de ataque no supere el 5%.

La persistencia de la eficacia del tratamiento es de unas 2 semanas.

Sería aconsejable seguir protegiendo los frutos hasta mediados de octubre, ya que las aceitunas picadas hasta entonces caerán al suelo y serán pérdidas de cosecha.

Los frutos dañados a partir de ese momento no suelen caerse, ni inciden en la calidad del aceite. En el caso de superar el porcentaje del 5% se aconseja efectuar pulverizaciones totales con fosmet-30 o triclorfón 80, utilizando entre 3 y 5 litros de caldo por árbol.

A las 2 semanas del mismo, se podría volver al tratamiento de parcheo, si el porcentaje de aceitunas con picadas nuevas no superase el umbral comentado.

- ✓ Repilo. En caso de producirse tormentas, aconsejamos tratar contra este hongo con fungicidas cúpricos u órgano-cúpricos. Si coincidiese con el tratamiento de cochinilla o con el de mosca a todo el árbol, podrían mezclarse ambos tratamientos.

Octubre

- ✓ Mosca. Se realizará lo detallado en el mes de octubre. Es aconsejable proteger los frutos de esta plaga hasta mediados de octubre.

Noviembre

No se aconseja ningún tratamiento específico

Diciembre

No se aconseja ningún tratamiento específico

ANEJO 10 RECOLECCIÓN PROYECTO

1. CONSIDERACIONES GENERALES

La recolección, aún siendo operación independiente de la elaboración propiamente dicha, influye sensiblemente en las características del aceite. Desde el punto de vista del almazarero, dos factores hay que tener en cuenta en la recolección: la época en que debe realizarse y el sistema a emplear.

En cuanto a la época, la aceituna debe ser recogida en el momento de su madurez óptima, considerando como tal el estado en que el fruto tenga la máxima cantidad de aceite y de mejores características. Para conocer dentro de lo posible dicho momento, deben realizarse controles periódicos de análisis de las aceitunas.

En cuanto al sistema de recolección debe tenerse siempre presente la consideración de "zumos de fruto" que hay que otorgar al aceite, por lo tanto deben utilizarse los sistemas que no deterioran las aceitunas, produciéndoles heridas, magullamientos, roturas de ramas o de brotes tiernos.

Por otra parte, el no poder realizar una adecuada sincronización entre la recolección de la aceituna y su elaboración en la almazara provoca la necesidad de un almacenamiento de mayor o menor cantidad de frutos por un periodo de tiempo más o menos largo.

2. INFLUENCIA DE LA RECOLECCIÓN EN LA CALIDAD DEL ACEITE

La recolección de la aceituna, que tiene una gran importancia en los costes de producción y, consecuentemente, en la economía de la explotación olivarera, tiene asimismo una marcada influencia sobre la calidad del aceite obtenido. Tres son los aspectos a considerar en la recolección del fruto bajo la óptica de la calidad: la época, la procedencia del fruto y la forma o método de realizarla.

La época de recolección tiene una marcada influencia sobre la composición de los aceites y sobre los caracteres sensoriales.

Así a lo largo del proceso de maduración, una vez acabada la lipogénesis o proceso de formación del aceite, se producen cambios en la composición ácida. Estos consisten en la disminución del porcentaje de ácido palmítico y el aumento del ácido linoleico. En líneas generales se mantiene el contenido en ácido oleico, disminuyendo en consecuencia la relación monoinsaturados/poliinsaturados (Uceda et al., 1980).

El contenido en polifenoles cambia a lo largo de la maduración según una curva de segundo grado con un máximo que generalmente coincide con el momento en que se alcanza la máxima cantidad de aceite en el fruto. Este máximo tiene lugar aproximadamente en la misma fecha en cultivares distintos, aunque corresponde a estados de madurez diferentes en los mismos.

Estas modificaciones en el contenido de polifenoles totales inciden sobre las características sensoriales de los aceites que tienen aromas cada vez más apagados, perdiéndose parte de su fragancia al tiempo que decae el flavor amargo, apareciendo la sensación del flavor dulce. Un retraso en la época de recolección da lugar a aceites menos fragantes, más apagados, menos amargos y con sensación de mayor suavidad, siempre que el fruto procesado esté sano y proceda del árbol.

El color de los aceites también experimenta cambios a lo largo de la recolección. Al principio presentan colores verdes de diversas tonalidades en función de la variedad, virando hacia el amarillo-oro al avanzar la recolección, consecuencia de la disminución paulatina de la relación clorofilas/carotenos, (Garrido et al. 1990).

Un hecho consustancial con el retraso de la recolección es la aparición de caída natural del fruto, más o menos acusada según la variedad. El fruto en el suelo sufre una serie de alteraciones que deterioran la calidad de los aceites obtenidos. Se ha observado reiteradamente una mayor acidez al retrasar la fecha de recolección y aumentar la proporción de frutos caídos y su periodo de permanencia en el suelo. Este deterioro de la calidad se extiende a otros índices analíticos y calidad organoléptica.

Por todo ello se desprende la necesidad absoluta de recolectar, transportar y procesar separadamente los frutos de suelo y árbol, pues pequeñas cantidades de los primeros pueden alterar los segundos obteniéndose aceites con sus características sensoriales perturbados.

Bajo esta óptica de la calidad la recolección debe de cumplir una premisa esencial, no romper la epidermis del fruto. En efecto, ésta es la barrera natural que lo protege del ataque de microorganismos. La rotura de esta barrera permite la implantación del complejo de microorganismos que aceleran los procesos de alteración de los aceites.

En resumen, el mejor método para realizar la recolección de la aceituna sería el ordeño pues no provoca ningún daño en el fruto. Este método tiene el grave inconveniente de su elevado costo por lo que, si bien es utilizado en algunas zonas de España, es poco viable.

Un método que armoniza el criterio de calidad con el de rentabilidad es la recolección mecanizada mediante el empleo de vendimiadoras. Este método no daña la epidermis del fruto, premisa esencial para conseguir calidad, al tiempo que presenta unos reducidos costes.

3. RECOLECCIÓN MECANIZADA

Para la recolección se emplean máquinas vendimiadoras, diseñadas y concebidas para la recolección de uva conducida en espaldera. Disponen de un túnel de vareo con fondo de escamas retráctiles, por el se hace pasar la línea de árboles sometiéndolos a sacudidas que provocan la caída del fruto que, finalmente, es recogido en cintas transportadoras y norias formadas por escalones flexibles y deformables que las conducen a las tolvas de la máquina. Cada una de las tolvas tiene una capacidad entre 1.200 y 1.500 kg con un sistema de vaciado trasero a remolque. La vendimiadora dispone de cuatro extractores, dos de ellos situados en la parte posterior e inferior de la máquina y otros dos situados al final de la cinta transportadora para realizar la eliminación de hoja.

Un inconveniente de la utilización de máquinas específicas para la recolección de la uva es que con el transcurso de los años, el vigor alcanzado por la línea de olivos es superior al volumen del túnel de vareo, por lo que es necesario realizar podas exclusivas y severas para que la recolección sea viable. Por esta razón numerosas casas comerciales de máquinas vendimiadoras ofrecen vendimiadoras que se adaptan mejor a la recolección de la aceituna. Se caracterizan por tener un túnel de vareo de mayores dimensiones, tanto a lo ancho como a lo alto.

Se trata de máquinas autopropulsadas con transmisión hidrostática mediante una bomba de caudal variable y servodirección. Disponen de un sistema de elevación y compensación lateral con cilindros hidráulicos sobre las ruedas que permiten a la máquina trabajar en pendientes laterales de hasta el 30%. La velocidad de trabajo puede alcanzar los 12 km/h y la velocidad de transporte 25 km/h; los olivos deben penetrar en su interior.

El cabezal está suspendido del chasis en cuatro puntos con anclaje antivibratorio. Este cabezal está formado por un bastidor que incluye el sistema de vibración constituido por unos bastones montados sobre placas. La frecuencia de oscilación de los bastones es variable, entre 450 y 480 r.p.m.

Respecto el funcionamiento de estas maquinas cabe destacar lo siguiente:

- ✓ La cantidad de aceituna dejada en el olivo es de escasa consideración, y las variedades escogidas en nuestro diseño tiene gran facilidad de desprendimiento, lo que aumenta el rendimiento.
- ✓ Buena limpieza del fruto recogido, y por lo tanto mejora de la conservación de la aceituna y aumento de la calidad del aceite.
- ✓ Pueden ocasionar daños de descortezado del pie del olivo a una altura de 30cm, producido por el sistema de ramas retráctiles del fondo del
- ✓ túnel.

Según estas consideraciones se realiza recolección mecánica co vendimiadora y no se realiza la recogida de la aceituna del suelo, porque la aceituna que queda en suelo es mínima y disminuye sustancialmente la calidad del aceite.

Transporte

Una vez recolectado el producto, la última fase es la del transporte hasta la almazara y por tanto deberá cuidarse la calidad del fruto teniendo en cuenta las siguientes pautas:

- ✓ La oliva se transportará al trujal lo más rápidamente posible.
- ✓ Evitar trasvases del producto
- ✓ Intentar en la medida de lo posible llevar la oliva con hojas eliminando únicamente los ramos grandes.
- ✓ Transportar en envases abiertos tipo remolques o contenedores no muy grandes.

4. PLANIFICACIÓN DE LA RECOLECCIÓN

La recolección debe tener las siguientes características:

- ✓ Durar el mínimo tiempo posible.
- ✓ Las olivas deben estar en un estado de madurez óptimo a lo largo de toda la recolección, por lo que tenemos que tener en cuenta el grado de madurez general de toda la parcela e incluso de subzonas dentro de la misma parcela.
- ✓ Se debe de considerar el caudal de recolección.

4.1. Época de recolección

La recolección comenzará teniendo en cuenta el índice de madurez de la aceituna basado en los colores y propuesto por Ferreira en 1979. Se elige este por ser el más cómodo, fiable, de fácil ejecución y económico de los métodos existentes.

Según este método, la recolección se debe empezar cuando el índice de madurez ronde 3,5. Pero tenemos que tener en cuenta el tiempo que nos llevará realizar la recolección, para recolectar el mayor número de aceitunas en este estado y que no haya por tanto, diferencias en la madurez de dichas aceitunas y así tampoco en las características del aceite extraído.

Para el seguimiento de la maduración, se realizarán muestreos de aceitunas para cada zona de la finca con periodicidad semanal después del envero y a medida que se acerque el índice de madurez 3,5 se irán realizando cada 2-3 días.

4.2. Determinación de la producción de aceituna

Consiste en realizar una estimación de la producción de aceitunas que nuestra parcela obtendrá ese año, recordamos además, que el olivo es un árbol con mucha tendencia a la vecería y por tanto, no se obtendrán las mismas producciones todos los años. Las diferencias pueden llegar a ser importantes. Por eso es interesante realizar este paso cada año, con el fin de maximizar rendimiento y minimizar tiempo, equipo de trabajo, maquinaria, mano de obra y en definitiva, costes.

Para calcular la producción total estimada, seguimos los siguientes pasos:

- ✓ Se recolectan de 15 a 20 olivos por parcela.
- ✓ Se pesa toda la muestra y se determina la producción por olivo.
- ✓ Se calcula la producción/ha, puesto que se conocen la densidad de plantación y el número de olivos.

Se sabe que tenemos una densidad de plantación de 1.670 olivos/hectárea. En la siguiente tabla se presentan unas estimaciones de producción anual por árbol en kg y en producción total por hectárea. Desde el tercer año se comenzará a tener producción hasta el séptimo año que llegamos a plena producción.

Hay que tener en cuenta que al haber 3 lotes de plantación las entradas en producción total no serán simultáneas siendo la del lote 1 al séptimo año, la del lote 2 al octavo y la del lote 3 al noveno año desde el inicio de la plantación del lote 1.

Año	Producción por unidad de árbol (kg/árbol)	Producción (kg/ha)
1	0	0
2	0	0
3	1,48	2.480
4	2,97	4.960
5	5,09	8.515
6	5,74	9.595
7	6,45	10.780
8 en adelante	6,45	10.780

4.3. Elección del tipo de recolección

Este apartado lo podríamos evitar puesto que durante toda la exposición de este Proyecto hemos dejado clara la filosofía de este tipo de plantaciones: la posibilidad de una máxima mecanización, sobretudo en las operaciones de poda y en la recolección, por lo tanto, sobra decir, que se realizará recolección mecánica.

Se realizará con vendimiadoras mecánicas, concebidas y diseñadas para la recolección de uva conducida en espaldera y modificadas para el cultivo de olivo en alta densidad.

4.4. Caudal de recolección

Según las explotaciones ya existentes de las mismas características, y comparando este tipo de recolección con la vendimia, podemos hacer la siguiente estimación:

Caudal de recolección con vendimiadoras concebidas para la recolección de uva conducida en espaldera: 3 h/ha. Se aumenta en un 10% el caudal de recolección de aceituna al considerar ésta algo más lenta debido a las condiciones del cultivo, por lo que se obtiene un caudal de 3,3 h/ha. Este caudal de recolección se asume para todos los años de producción. Precisamente esta es la característica de la mecanización, se tarda el mismo tiempo en recolectar mínimas que máximas producciones.

Año	Caudal recolec (h/ha)	Nº has	Tiempo (h)	h/jornada	Días recolec
3	3	25,7	84,81	12	7
4	3	51,4	169,62	12	13
5	3	77,1	254,43	12	21
6	3	77,1	254,43	12	21
7	3	77,1	254,43	12	21
8	3	77,1	254,43	12	21
9	3	77,1	254,43	12	21
10 ...	3	77,1	254,43	12	21

Estas estimaciones sobre la duración de la recolección pueden ajustarse a la baja aumentando la duración de la jornada laboral y el número de máquinas recolectoras en caso de necesidad ante posibles problemas de sobremaduración de la aceituna.

4.5. Cálculo del transporte

Cálculo del transporte. Este factor esta directamente relacionado con el caudal de recolección, porque ya se ha hablado en numerosas ocasiones de la importancia del almacenamiento de la aceituna en la calidad del aceite.

Se buscará siempre, un equilibrio entre el caudal y el transporte, para no detener la recolección, por evitar el almacenamiento masivo, pero tampoco, que ésta sea baja.

Los cálculos están hechos por hectárea, por tanto para tener los datos totales hay que multiplicar por el número total de hectáreas de los lotes plantadas cada año.

Año	Prod kg/ha	Caudal (h/ha)	kg/h	kg/día	Nº Containers*
3	2.480	3,3	752	9.018	1
4	4.960	3,3	1.503	18.036	2
5	8.515	3,3	2.580	30.964	3
6	9.595	3,3	2.908	34.891	3
7	10.870	3,3	3.294	39.527	3
8	10.870	3,3	3.294	39.527	3
9	10.870	3,3	3.294	39.527	3
10 ...	10.870	3,3	3.294	39.527	3

* Capacidad máxima del contenedor, 14 tm.

4.6. Organización de la recolección

El medio de transporte utilizado será un camión con 3 container intercambiables.

Considerando que estamos en Cadreita y la aceituna hay que llevarla al Trujal Almazara de Tudela a unos 30 km, suponiendo una media de transporte de 60 km/hora y estimando que el tiempo de descarga, se demora entre el trayecto de ida y vuelta un tiempo aproximado de 1,5 horas.

- ✓ Año 3. Se realizará un viaje al final de la jornada durante 7 jornadas
- ✓ Año 4. Se utilizarán dos contenedores. Al llenar el primero (C1), éste se llevará al trujal. Mientras la cosechadora irá descargando las aceitunas de las tolvas en el contenedor sito en la finca (C2) para que cuando vuelva el camión éste deje el vacío (C1) en la finca para el día siguiente y se lleve el lleno (C2) al final de la jornada durante 13 días que durará la recolección.
- ✓ Año 5 y siguientes. Se utilizarán 3 contenedores (C1, C2 y C3) y se actuará de forma similar a la comentada para el cuarto año pero con un total de 21 jornadas.

Por tanto y dependiendo del año de producción se alquilará una vendimiadora durante jornadas de 12 horas y un camión con uno, dos o tres contenedores para realizar los viajes necesarios.

En caso de que el estado de madurez de la aceituna avance de forma rápida hacia una sobremaduración, habrá que acortar los tiempos de recolección y transporte a través de jornadas laborales de más de 12 horas y mayor número de camiones y contenedores para el transporte al trujal.

Hay que tener en cuenta que los diferentes lotes entrarán en plena producción simultáneamente en el año 9 desde la plantación del primer lote. Hasta entonces irán solapándose las plenas producciones en el año 7 el lote 1, en el año 8 el lote 1 y el lote 2 y en el año 9, como se ha comentado, los tres lotes.

A continuación se presenta un cuadro con las producciones totales estimadas por año diferenciando las distintas producciones de cada año

Año	sp lote 1 (ha)	sp lote 2 (ha)	sp lote 3 (ha)	prod kg/ha año	Prod kg total
3	25,7			2.480	63.736
4	25,7	25,7		4.960	191.208
5	25,7	25,7	25,7	8.515	410.044
6	25,7	25,7	25,7	9.595	592.899
7	25,7	25,7	25,7	10.780	742.473
8	25,7	25,7	25,7	10.780	800.684
9	25,7	25,7	25,7	10.780	831.138
10 ...	25,7	25,7	25,7	10.780	831.138

ANEJO 11 MAQUINARIA PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

Se ha hablado durante todo el Proyecto y diseño de la plantación de la importancia que tiene hoy en día, la reducción de costes de producción a lo largo de la explotación para obtener un aumento importante de la productividad.

El papel más importante en esta empresa de obtener un máximo beneficio productivo, lo tiene la maquinaria. De ahí, la importancia de avanzar hacia plantaciones y explotaciones con un alto grado de mecanización. Por otro lado, también conviene resaltar y recordar que con el paso del tiempo está disminuyendo la mano de obra a pasos agigantados.

En este anejo se describe la mínima maquinaria necesaria a tener en propiedad y en alquiler para tener los mínimos costes y la mayor rentabilidad posible sin entrar a valorar un estudio de costes sobre la misma.

2. MAQUINARIA DE LA EXPLOTACIÓN

Para conseguir un aumento de la rentabilidad de olivar mediante su mecanización, es muy importante tener en cuenta las horas de ésta. Si el uso de la maquinaria, se limitara sólo a esta explotación, la amortización sería demasiado elevada para tener una rentabilidad cercana en el tiempo, o simplemente tenerla. En este caso, nos veríamos obligados a alquilar toda la maquinaria necesaria.

Sin embargo, los aperos y maquinaria, pueden ser utilizados en otras parcelas y para otros cultivos y en ocasiones podrán alquilar a terceros, con lo que aumenta el número de horas de uso al año y por ello se disminuye la amortización.

3. MAQUINARIA A UTILIZAR EN CADA UNA DE LAS OPERACIONES DE CULTIVO

3.1. Plantación

Preparación del terreno

- ✓ Preparación del terreno.

Laboreo en profundidad con un tractor de alta potencia (175 cv) y un arado de vertedera monosurco típico de desfonde anterior a una plantación leñosa con una profundidad de 80-100 cm. Labor alquilada.

-
- ✓ Estercolado.

Es necesario un tractor y un remolque esparcidor de estiércol. Labor alquilada.

- ✓ Laboreo de enterrado de estiércol.

Se utilizará un tractor al que se le acoplará un arado chisel, con una anchura de trabajo de 2,80 m y 20-30 cm de profundidad. Labor alquilada.

- ✓ Mullido. Laboreo superficial.

Apero combinado de grada de púas y rodillo acoplado, con una anchura de trabajo de 5 m y 15 cm de profundidad todo acoplado a un tractor de alta potencia. Labor alquilada

Instalación de sistema de riego

- ✓ Apertura de zanjas para tuberías terciarias

Retroexcavadora alquilada

Labor de plantación

- ✓ Plantación.

Se realizará una plantación mecánica utilizando un tractor de alta potencia al que se le acopla una plantadora automática con dos líneas de trabajo. El sistema de replanteo de la plantación se realiza apoyándose en sistema GPS incorporado al tractor. Labor alquilada.

- ✓ Reparto de plantas y material de plantación (postes y cables).

Se necesita un tractor y remolque

- ✓ Colocación de espaldera

Para la colocación de los postes se utilizará una máquina clavadora de postes alquilada. Posteriormente se colocará el alambre utilizando el tractor. En el entutorado se necesitará de tutores de bambú de 180 cm de altura y 14 mm de sección y material de atado plástico biodegradable. Posteriormente se colocarán los protectores de planta.

3.2. Labores de la explotación

- ✓ Laboreo de mantenimiento del suelo.

Se necesita de un tractor y un cultivador de 4 m de anchura total y 2 m efectiva (dejará 2 m centrales sin laborear para respetar la cubierta vegetal). Además se necesita del tractor y un cultivador de 4 m de anchura para las tres primeras campañas de cada lote que no se deja cubierta vegetal y para el enterrado de enmiendas orgánicas y restos de poda.

- ✓ Mantenimiento de cubierta vegetal.

Desbrozadora-trituradora acoplada al tractor. Además será necesario un equipo de herbicida y tractor.

- ✓ Protección del cultivo.

Para los tratamientos fitosanitarios será necesario, además del tractor, un atomizador suspendido de 1000 litros de capacidad de cuba.

- ✓ Poda.

Para la poda manual sólo será necesario operarios con tijeras automáticas y eléctricas y serruchos.

Para la poda mecánica se utilizará acoplado al tractor de una podadora de discos giratorios.

- ✓ Picado de los restos de poda.

Se utilizará el tractor con la desbrozadora-trituradora que se utiliza igualmente en el mantenimiento de la cubierta vegetal.

- ✓ Fertilización.

Para el estercolado inicial como de mantenimiento se necesitará de un tractor al que se le acopla un remolque esparcidor.

Al realizar fertirrigación no se utiliza abono mineral, por lo que no hay necesidad de abonadora localizadora en profundidad.

3.3. Recolección de aceituna

- ✓ Recolección

Será necesario el alquiler de una vendimiadora y de un camión con contenedores

ANEJO 12 ESTUDIO ECONÓMICO PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como finalidad la estimación de la rentabilidad de este Proyecto.

Debido a las características del tipo de explotación a proyectar, no se considera necesario profundizar en un exhaustivo estudio de viabilidad económica puesto que la experiencia, los precedentes y el conocimiento de explotaciones similares cercanas, hacen real una rentabilidad más que suficiente de una explotación de olivo variedad arbequina en producción superintensiva. Por este motivo, el presente anejo será una guía orientativa de los pasos a seguir para llevar a cabo un estudio sobre la rentabilidad económica de cualquier tipo de inversión.

Para ello habrá que suponer unos gastos aproximados de funcionamiento de la explotación basados en la experiencia y bibliografía consultada.

Por otro lado, habrá que calcular los ingresos estimados y con todos los cálculos realizados, estudiar la rentabilidad.

2. CÁLCULO DE LOS GASTOS DE CULTIVO DE LA EXPLOTACIÓN

2.1. Gastos de cultivo anuales

2.1.1. Poda

Año	Descripción	Coste (€/ha)
1	Eliminación brotaciones tronco	70,00
2-3	Poda formación y eliminación brotaciones tronco con picado de restos y enterrado	350,00
4-9	Poda producción y rejuvenecimiento con picado de restos y enterrado	400,00
10	Poda de rebaje, repaso manual y picado de restos y enterrado	550,00

2.1.2. Mantenimiento de suelo

Año	Descripción	Coste (€/ha)
1-3	Laboreo superficial y escardas	350,00
4 ...	Apertura suelo zona línea cultivo, enterrado restos poda y escardas	250,00

2.1.3. Fertilización

Año	Descripción	Coste (€/ha)
0	Estercolado y enterrado enmienda orgánica	Incluido en presupuesto general
3-5	Fertirrigación (NPK)	25,00
6...	Fertirrigación (NPK)	50,00

2.1.4. Protección del cultivo

Año	Descripción	Coste (€/ha)
Todos	Tto contra tuberculosis, barrenillo agusanado, cochinilla, repilo, taladro, mosca olivo	250,00

2.1.5. Recolección

Año	Descripción	Coste (€/ha)
3	Recolección y transporte a trujal	550,00
4	Recolección y transporte a trujal	600,00
5	Recolección y transporte a trujal	650,00
6	Recolección y transporte a trujal	700,00
7 ...	Recolección y transporte a trujal	750,00

2.1.6. Agua de riego consumida

El coste estimado de agua de riego consumida por hectárea es de 70 €/ha.

3. CÁLCULO DE LOS INGRESOS DE CULTIVO DE LA EXPLOTACIÓN

Los ingresos vendrán dados por el resultado de multiplicar la producción por el precio de venta de la aceituna al trujal.

El precio de la variedad arbequina, que es la que se implanta en el presente Proyecto, al igual que el resto de variedades depende del rendimiento graso de la aceituna. Según el Trujal Almazara de Tudela (Navarra), destinatario de la producción el precio medio de la variedad arbequina es de 0,50 €/kg.

Año	Prod kg/ha	€/kg	Ingresos (€/ha)
3	2.480	0,5	1.240,00
4	4.960	0,5	2.480,00
5	8.515	0,5	4.257,50
6	9.595	0,5	4.797,50
7	10.780	0,5	5.390,00
8	10.780	0,5	5.390,00
9	10.780	0,5	5.390,00
10 ...	10.780	0,5	5.390,00

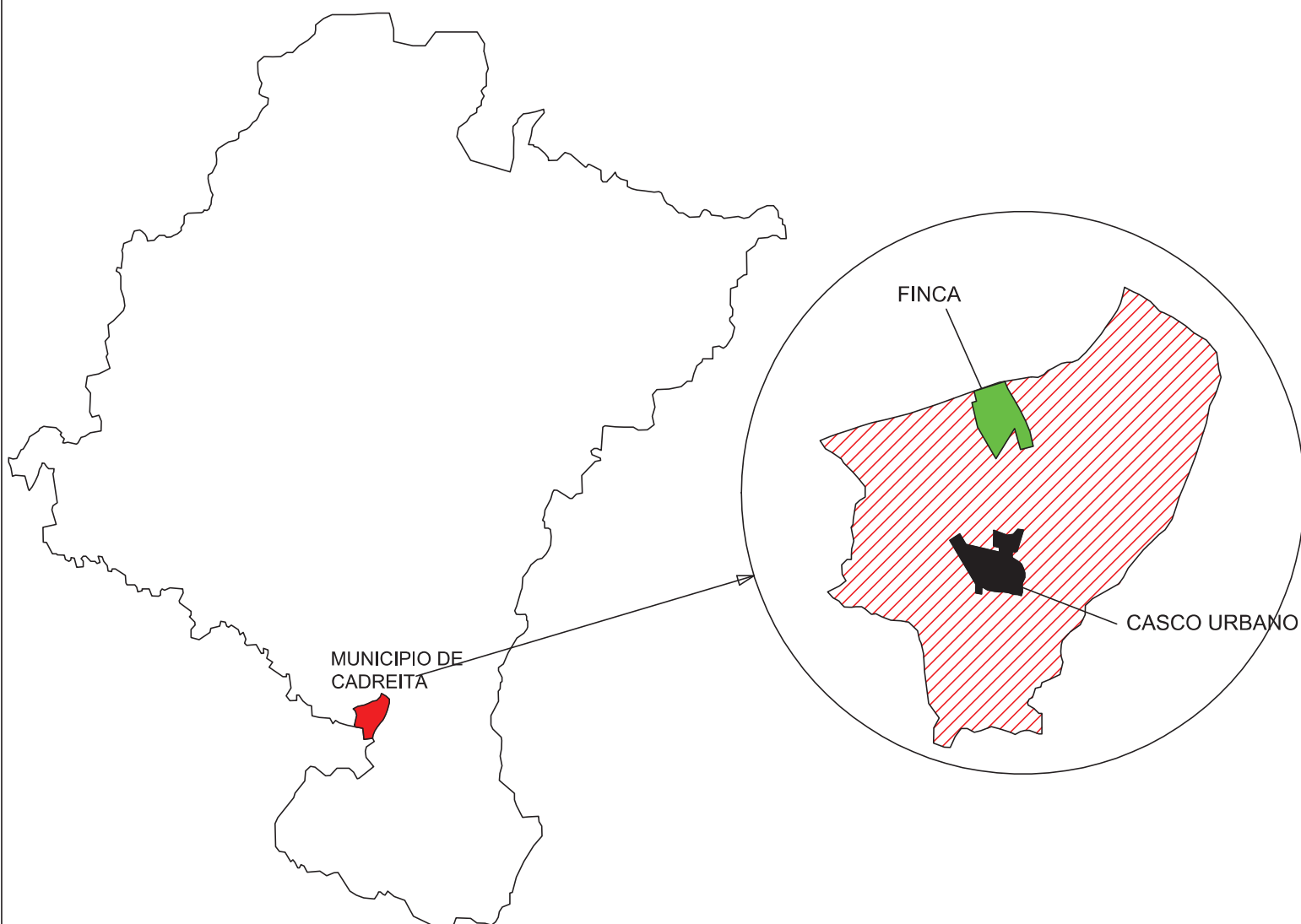
4. CONCLUSIONES

Comparando la estimación de los gastos de la explotación con la de los ingresos por producción y sin tener en cuenta otros tipos de posibles gastos e ingresos como seguros, subvenciones, etc y analizando la tabla adjunta se pueden sacar las siguientes conclusiones de los resultados por hectárea plantada:

Año	Prod kg/ha	€/kg	Ingresos (€/ha)	Gastos (€/ha)	Resultado (€/ha)
1				670,00	-670,00
2				950,00	-950,00
3	2.480	0,5	1.240,00	1.525,00	-285,00
4	4.960	0,5	2.480,00	1.525,00	955,00
5	8.515	0,5	4.257,50	1.575,00	2.682,50
6	9.595	0,5	4.797,50	1.650,00	3.147,50
7	10.780	0,5	5.390,00	1.700,00	3.690,00
8	10.780	0,5	5.390,00	1.700,00	3.690,00
9	10.780	0,5	5.390,00	1.700,00	3.690,00
10 ...	10.780	0,5	5.390,00	1.850,00	3.540,00

-
- ✓ A partir del cuarto año de plantación se obtendrán ingresos. Hasta entonces el resultado será negativo.
 - ✓ Desde el quinto año el importe del resultado ya irá siendo superior al de los gastos generados en cada año.
 - ✓ A partir del octavo año, el acumulado del resultado será superior al acumulado de los gastos.
 - ✓ Según la estimación de estos datos, la explotación proyectada de plantación de olivos de variedad arbequina en superintensivo es viable.

PLANOS PROYECTO



PLANTACION DE OLIVOS
EN CADREITA
(NAVARRA)

ESCALAS: 1: 1.000
1:10.000

JUNIO/14

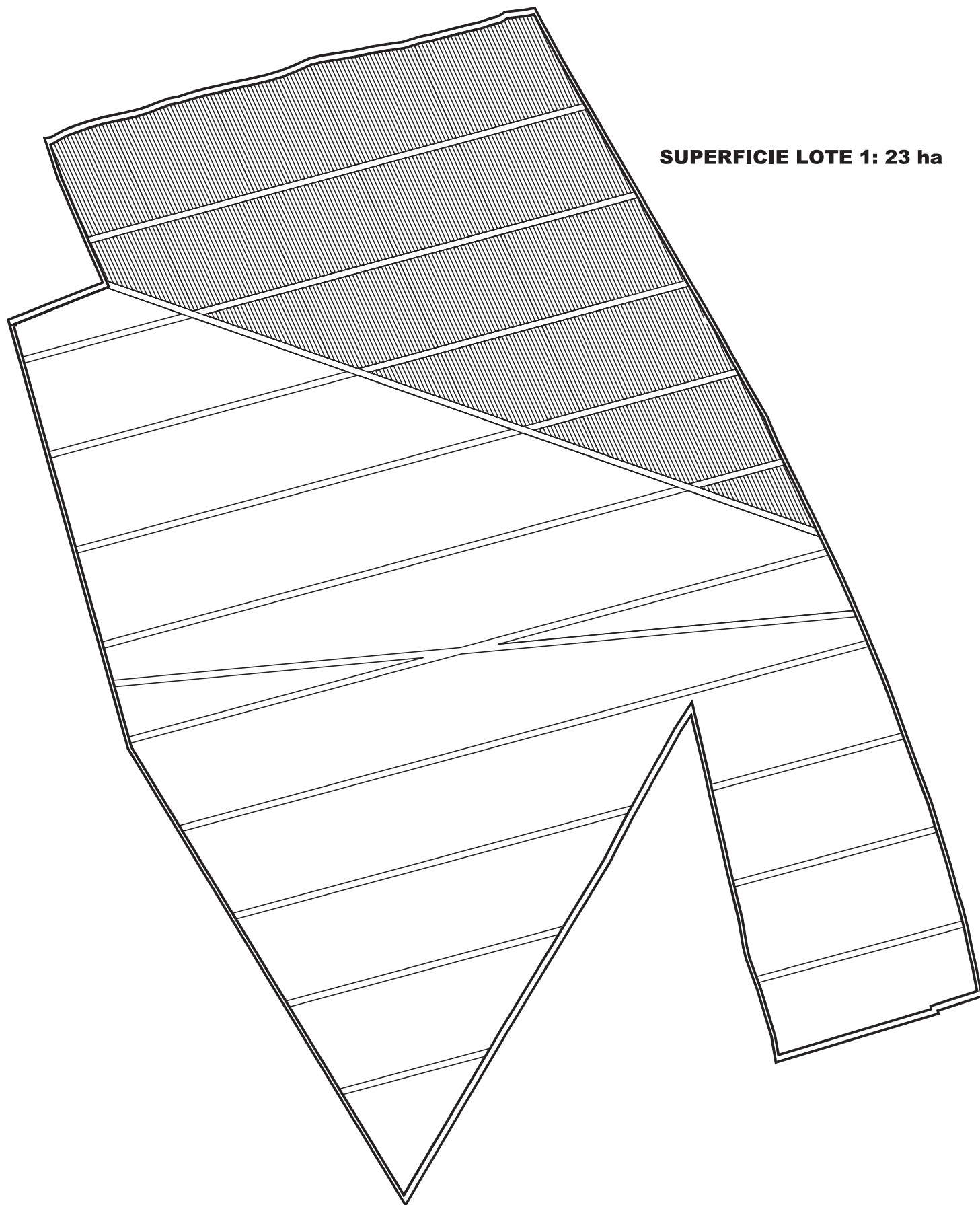
SITUACION
Y
EMPLAZAMIENTO

INGENIERO TECNICO AGRICOLA

CESAR OCHOA PRAT

PLANO:

01



SUPERFICIE LOTE 1: 23 ha

PLANTACION DE OLIVOS
EN CADREITA
(NAVARRA)

JUNIO

2014

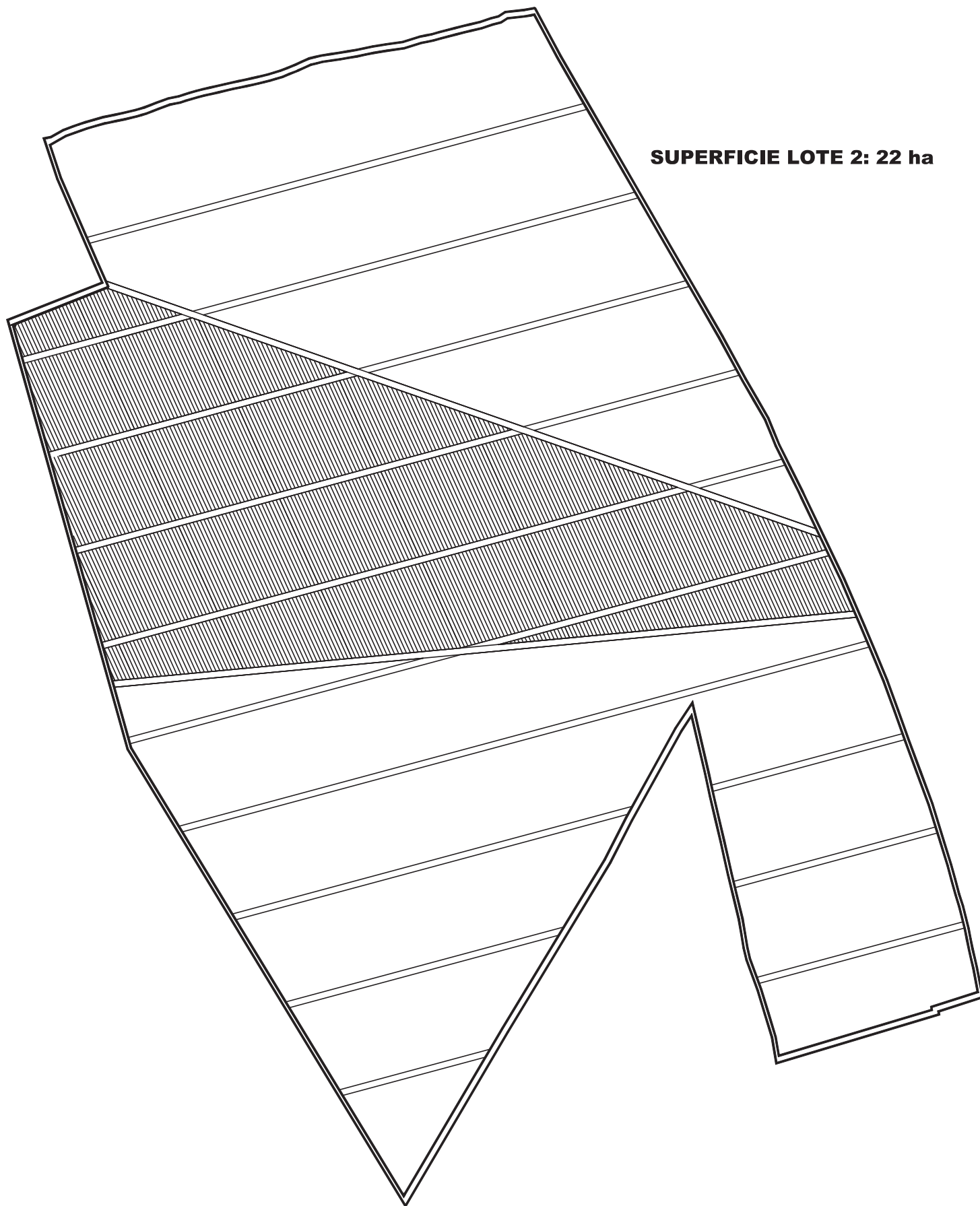
PLANTACION AÑO 1
LOTE 1

INGENIERO TECNICO AGRICOLA

CESAR OCHOA PRAT

PLANO :

02



SUPERFICIE LOTE 2: 22 ha

PLANTACION DE OLIVOS
EN CADREITA
(NAVARRA)

JUNIO

2014

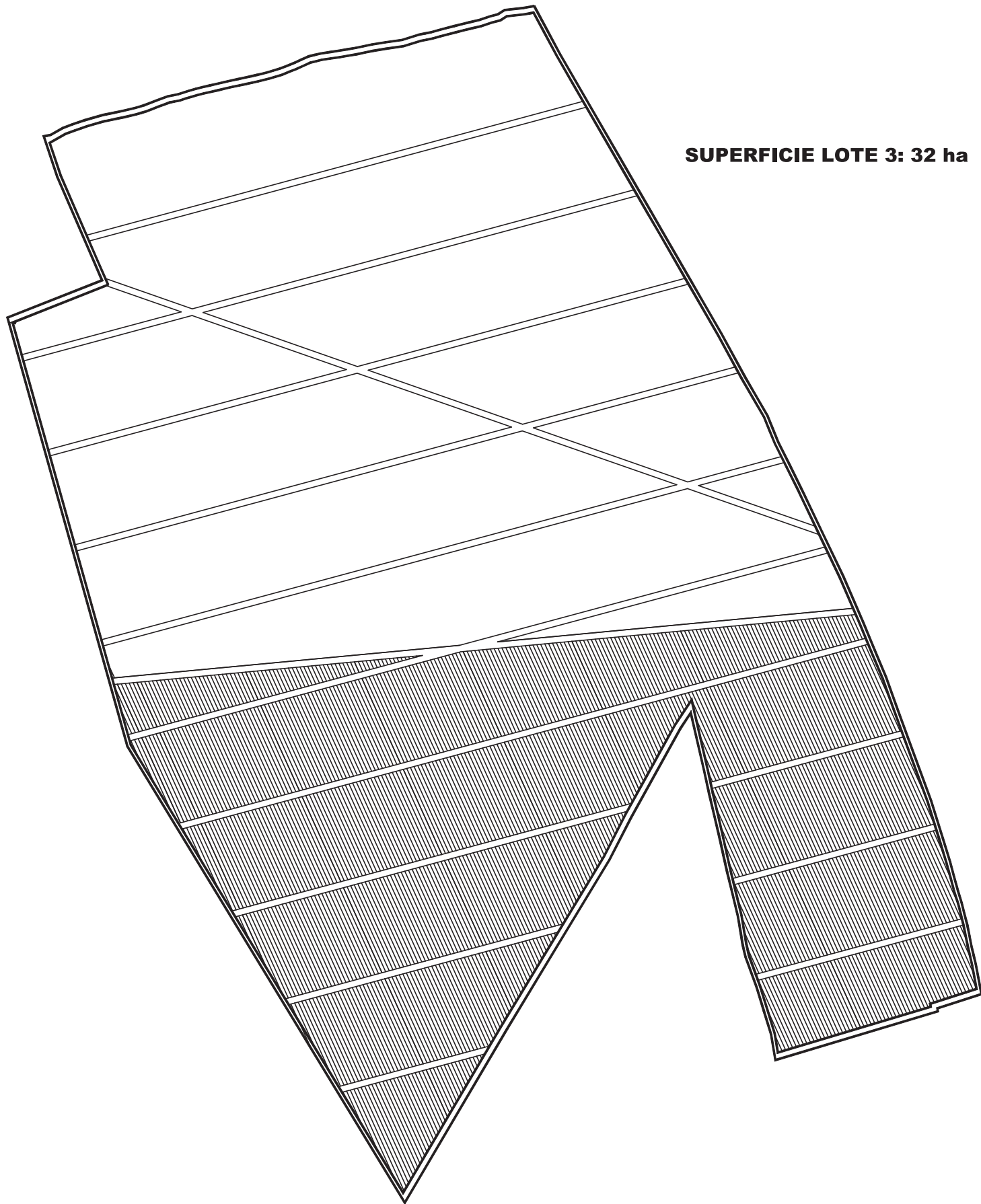
PLANTACION AÑO 2
LOTE 2

INGENIERO TECNICO AGRICOLA

CESAR OCHOA PRAT

PLANO :

03



SUPERFICIE LOTE 3: 32 ha

PLANTACION DE OLIVOS
EN CADREITA
(NAVARRA)

JUNIO

2014

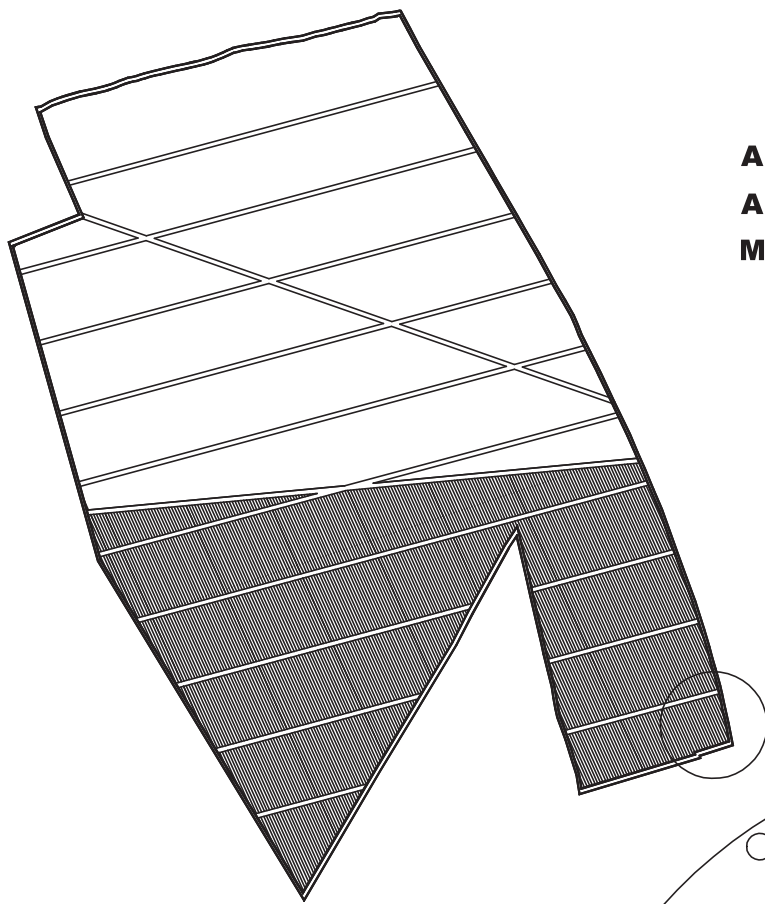
PLANTACION AÑO 3
LOTE 3

INGENIERO TECNICO AGRICOLA

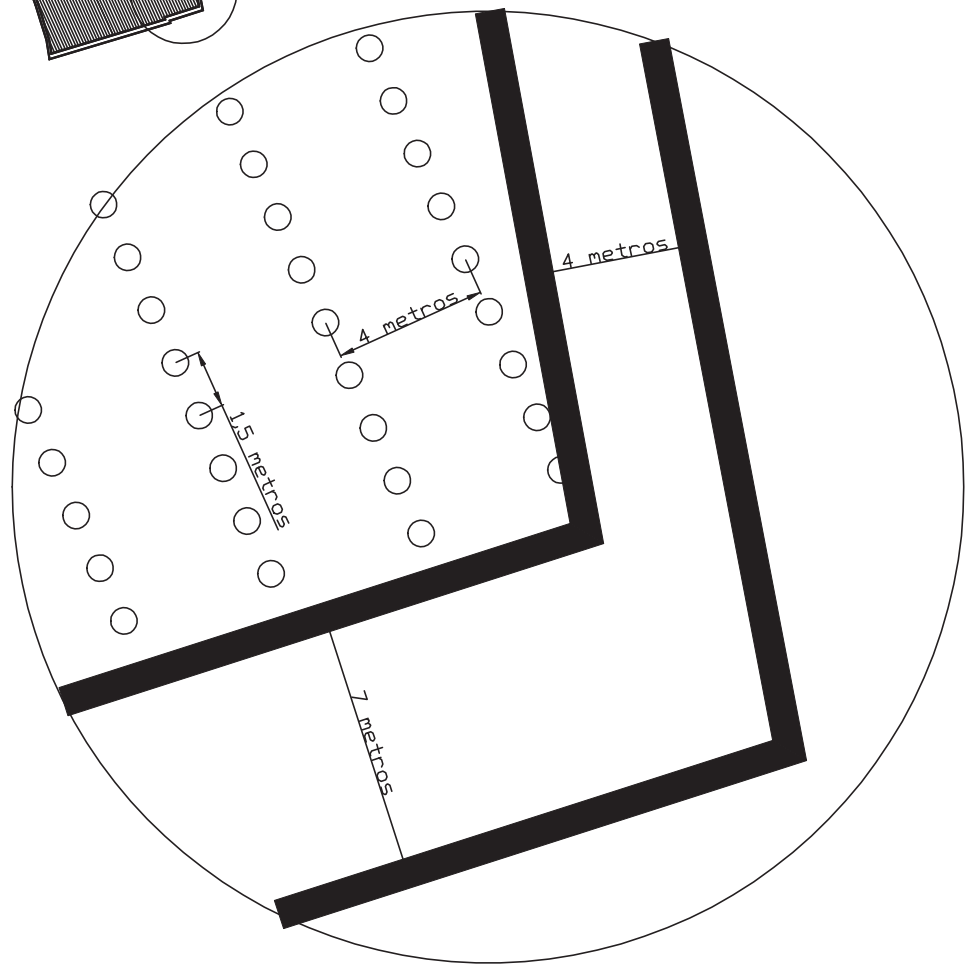
CESAR OCHOA PRAT

PLANO :

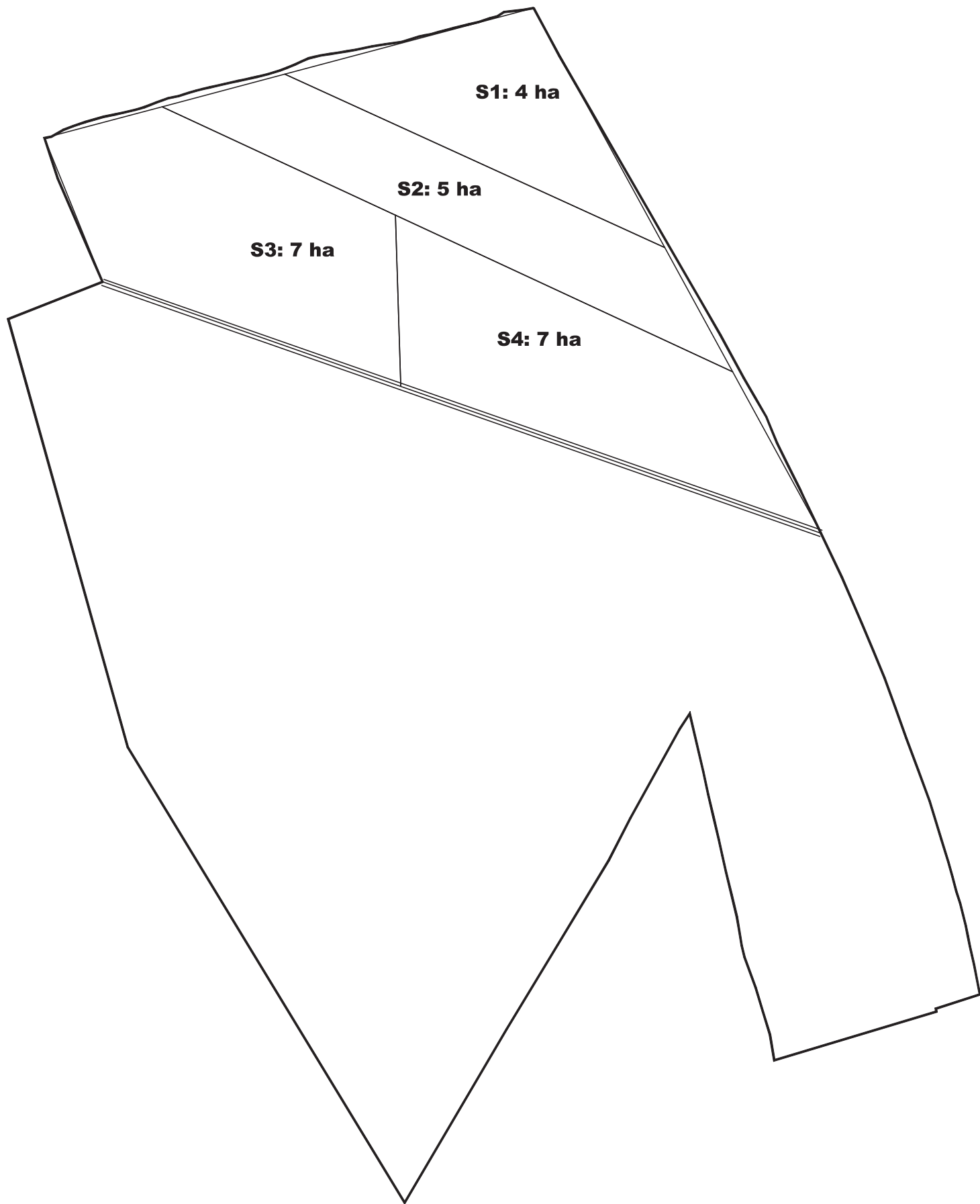
04



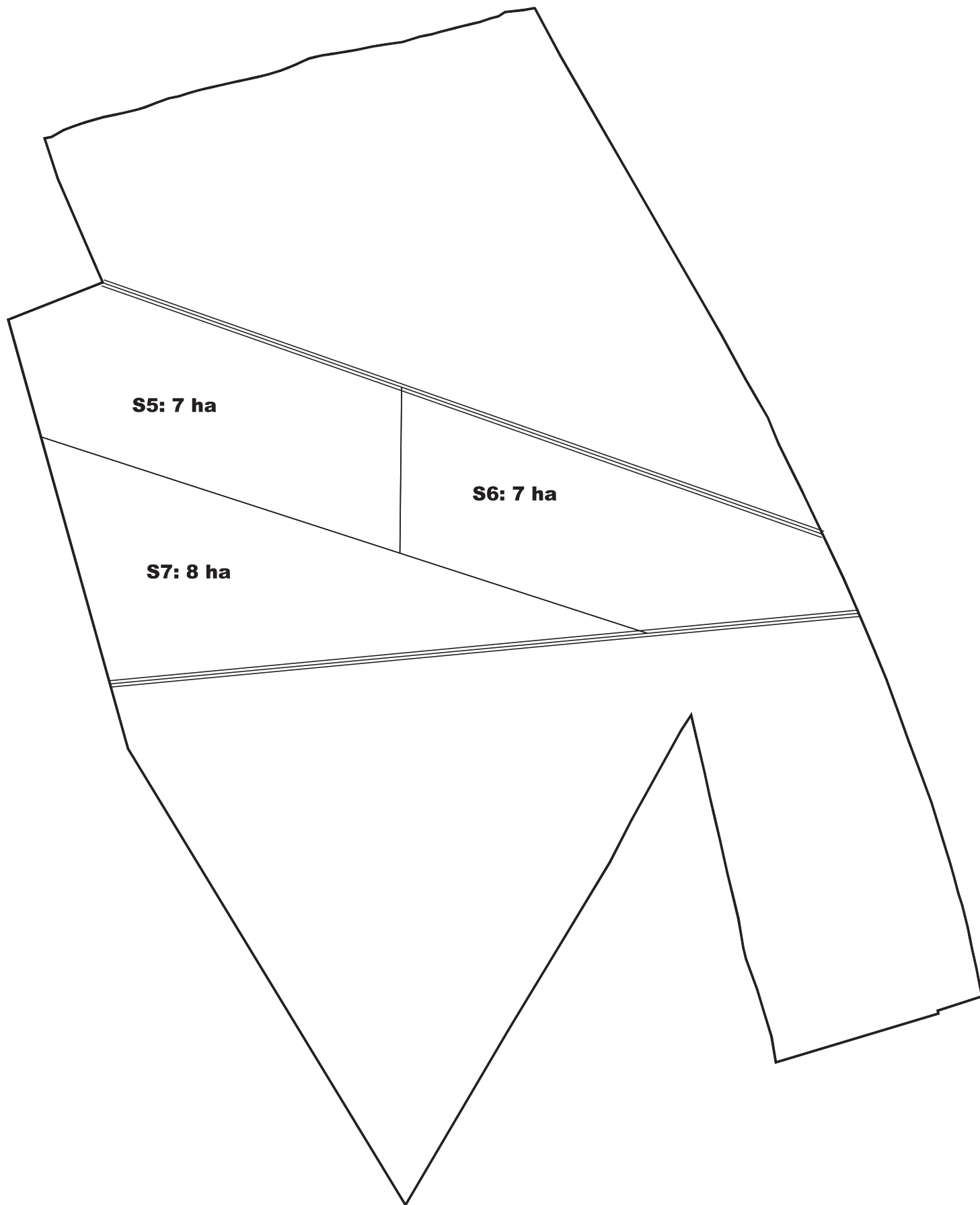
ANCHURA CAMINOS ENTRE LOTES: 7 metros
ANCHURA CAMINOS PERIMETRAL: 7 metros
MARCO DE PLANTACION: 4m x 1,5m



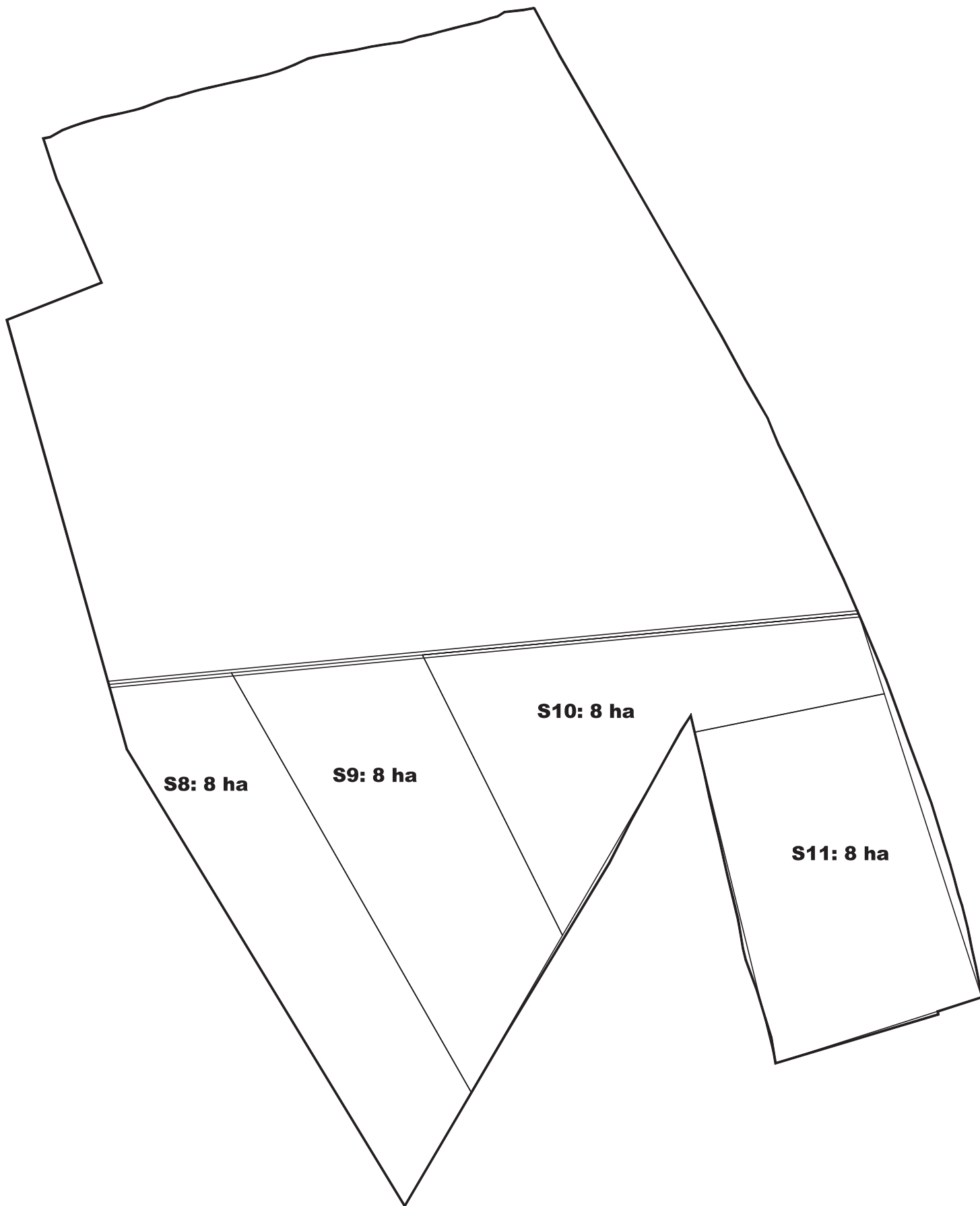
PLANTACION DE OLIVOS EN CADREITA (NAVARRA)		INGENIERO TECNICO AGRICOLA	
JUNIO	PLANTACION DETALLES	CESAR OCHOA PRAT	
2014		PLANO :	05



PLANTACION DE OLIVOS EN CADREITA (NAVARRA)		INGENIERO TECNICO AGRICOLA
JUNIO	RIEGO LOTE 1	CESAR OCHOA PRAT
2014		PLANO : 06



PLANTACION DE OLIVOS EN CADREITA (NAVARRA)		INGENIERO TECNICO AGRICOLA
JUNIO	RIEGO LOTE 2	CESAR OCHOA PRAT
2014		PLANO : 07



PLANTACION DE OLIVOS
EN CADREITA
(NAVARRA)

INGENIERO TECNICO AGRICOLA

JUNIO

RIEGO
LOTE 3

CESAR OCHOA PRAT

PLANO :

08

2014

PRESUPUESTO PROYECTO

1. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

El presupuesto adjunto hace referencia al total de la superficie plantada, es decir, 77,13 hectáreas y no a los diferentes lotes de 25,7 hectáreas cada uno, es decir, el presupuesto para cada lote sería de aproximadamente un tercio del total.

El capítulo de riego ha sido estimado a partir de la experiencia y capacidad técnica del autor del presente proyecto y de la bibliografía y fuentes consultadas para proyectos de similares características.

2. PRESUPUESTO POR CAPÍTULO

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PLANTACIÓN				
<u>Subcapítulo Preparación del terreno</u>				
ha	Desfonde Desfonde de 60-100 cm de profundidad con arado monosurco realizado con tractor de alta potencia (150-220 cv), un único pase	71,13	115	8.179,95
ha	Estercolado Estercolado con 22,5 tm de estiércol de oveja, incluido carga y distribución con tractor de 88 cv con pala cargadora y remolque esparcidor de 8.000 kg	71,13	215	15.292,95
ha	Labor semi-profunda e incorporación de estiércol Labor de arado vetical tipo chisel de 20 cm de profundidad realizada con tractor de 88 cv	71,13	50	3.556,50
ha	Mullido del terreno Labor de apero combinado de trastra de púas y rulo de 10-15 cm de profundidad de 5 m de anchura y realizado con tractor de alta potencia (150-200 cv)	71,13	25	1.778,25
TOTAL SUBCAPÍTULO PREPARACIÓN DEL TERRENO				28.807,65

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<u>Subcapítulo Planta y puesta en tierra</u>				
mil	Planta de olivo Planta de olivo variedad arbequina clon IRTA®i18, cepellón 7*7	128.807	1.400,00	180.329,94
ha	Puesta en tierra de planta Puesta en tierra de plántones mediante plantadora automática de dos filas acopladas a tractor de alta potencia (150-220 cv) con guiado asistido por GPS	77,13	300,00	23.139,00
ud	Riego de asiento por goteo Riego de asiento, aplicando 50 litros por planta (7-8 l/m ²) por el sistema de riego por goteo	77,13	36,00	2.776,68
TOTAL SUBCAPÍTULO PLANTA Y PUESTA EN TIERRA				206.245,62
<u>Subcapítulo Entutorado</u>				
km	Espaldera. Incluye postes y alambres Espaldera formada por postes cabeceros de acero galvanizado de sección omega y 2 mm de espesor y 2 m de largo, clavados 50 cm. Postes intermedios de acero galvanizado de sección omega y 1,5 mm de espesor y 1,80 m de largo, clavados 40 cm. Anclajes tirantes, sensores y un alambre de 2,2 mm extendido a 1,20 m del suelo totalmente montada e instalada	200,00	1.000,00	200.000,00
mil	Entutorado de plántones. Incluye atado plástico al alambre Entutorado de plántones con tutores de varilla de bambú de 1,80 m de altura, sección circular de 14-16 mm, clavados a 40 cm. Incluye atado plástico del tutor al alambre para crear la cruz de la espaldera	128.807	530,00	68.267,76
mil	Protección de plántones Protector Tubex ENVOLVENTE DC, de altura 50 cm y diámetro expansible de 65-85 mm. Material polipropileno con estabilizador de rayos UV	128.807	925,00	119.146,57
TOTAL SUBCAPÍTULO ENTUTORADO				387.414,33
TOTAL CAPÍTULO PLANTACIÓN				622.467,60

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO INSTALACIÓN DEL RIEGO				
<u>Subcapítulo Movimiento de tierras</u>				
m3	Excavación de zanjas, retroexcavadora Estimación de excavación mecánica en zanjas en el terreno de consistencia media, con extracción de materiales al borde de la zanja, incluso tapado de la misma utilizando tierra fina y desmenuzada en el primer tercio del terreno	4.487,42	9	40.386,82
TOTAL SUBCAPÍTULO MOVIMIENTO DE TIERRAS				40.386,82
<u>Subcapítulo Instalación de tuberías</u>				
Ud	Partida alzada a justificar para tubería de PVC de diferentes diámetros y 6 atm Partida alzada a justificar para tubería de PVC con junta de goma encolada, de diferentes diámetros y 6 atm de presión de servicio, incluido parte proporcional de piezas especiales totalmente montada e instalada			25.000,00
km	Ramal portagotero PEBD 20 mm diámetro y 2,5 atm de presión Ramal portagotero PEBD 20 mm diámetro y 2,5 atm de presión con goteros autocompensantes, antirraíces, antisucción, autolimpiantes, antidrenantes de tipo laberinto, de caudal 2,6 l/h integrados en el ramal a una distancia de 1 m, totalmente instalada y conectada	200,00	450	90.000,00
ud	Partida alzada a justificar correspondiente a instalaciones de riego, piecerío y valvulería Partida alzada a justificar correspondiente a instalaciones de riego, piecerío y valvulería necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación final con un adecuado desarrollo del cultivo			35.000,00
TOTAL SUBCAPÍTULO INSTALACIÓN DE TUBERÍAS				150.000,00
<u>Subcapítulo Sistema de fertirrigación</u>				
Ud	Inyector hidráulico y depósito almacenaje fertilización Colocación de inyector hidráulico, depósito de 1000 litros de almacenaje fertilizante, incluido parte proporcional de piezas especiales, totalmente montado e instalado	2,00	750	1.500,00
TOTAL SUBCAPÍTULO INSTALACIÓN DE TUBERÍAS				1.500,00
TOTAL CAPÍTULO INSTALACIÓN DEL RIEGO				151.500,00

RESUMEN	EUROS	%
PLANTACIÓN	622.467,60	80,43%
INSTALACIÓN DE RIEGO	151.500,00	19,57%
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	773.967,60	
13,00 % Gastos generales	100.615,79	
0,00 % Beneficio industrial	0,00	
SUMA GG Y BI	100.615,79	
21% IVA	183.662,51	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	1.058.245,90	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	1.058.245,90	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de **UN MILLÓN CINCUENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS Y NOVENTA CÉNTIMOS**

Cadreita a Junio de 2014

El autor del proyecto

César Ochoa Prat

BIBLIOGRAFÍA PROYECTO

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- ✓ *Criterios para la elección de sistemas de cultivo en el olivar*. Miguel Pastor, Juan Castro y M^a Dolores Humanes. Edita Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, 1996.
- ✓ *El cultivo del olivo*, 5^a edición. Diego Barranco, Ricardo Fernández-Escobar y Luis Rallo. Editorial Mundi-Prensa. 2004.
- ✓ *La erosión y el olivar. Cultivo con cubierta vegetal*. Miguel Pastor, Juan Castro, M^a Dolores Humanes y milagros Saavedra. Edita Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. 1997.
- ✓ *Las máquinas agrícolas*. 6^a Edición. J. Ortiz-Cañavate. Editorial Mundi-Prensa, 2003.

REVISTAS

- ✓ "Arroniz: el olivo del norte". B. Lizar, J. J. Garnica, R. Sáez, J. Amézqueta y Francisco Javier Carro. *Navarra Agraria* n^o 162, mayo-junio 2007.
- ✓ "Finca La Boquera, ejemplo práctico de recuperación de plantones afectados por heladas durante el periodo de formación". *Olint* noviembre 2007. Agromillora Catalana, SA. n^o13.
- ✓ "Nuevas plantaciones de olivo en regadío: Rentabilidad y futuro". J. Abós, J. M. Fabo, J. Ágreda y J. Otazu. *Navarra Agraria* n^o 165, noviembre-diciembre 2007.
- ✓ "Olivo: formas de conducción para la recolección mecánica". B. Lizar, R. Biurrun, J. J. Pérez de Ciriza y J. Abós. *Navarra Agraria* n^o 163, julio-agosto 2007.
- ✓ "Olivo: guía de plantación". A. Santos, B. Lizar y J. J. Garnica. *Navarra Agraria* n^o 177, noviembre-diciembre 2008.
- ✓ "Plagas y enfermedades del olivo en Navarra. Campaña de protección integrada". M. A. Tiesas y P. González, *Navarra Agraria* n^o 102, mayo-junio 1997.
- ✓ "Recolección mecanizada de oliva". J. J. Pérez de Ciriza. *Navarra Agraria* n^o 124, enero-febreo 2001.
- ✓ "Variedades de olivo en Navarra". B. Lizar, A. Santos, V. Eslava y A. P. Armesto. *Navarra Agraria* n^o 173, marzo-abril 2008.

PÁGINAS WEB

- ✓ www.fertiberia.com
- ✓ www.idena.navarra.es
- ✓ www.infoagro.com
- ✓ www.intiasa.es
- ✓ www.magrama.gob.es
- ✓ www.meteo.navarra.es
- ✓ www.navarraagraria.com
- ✓ www.nekeas.com
- ✓ www.sitna.navarra.es
- ✓ www.tubex.com
- ✓ www.urzante.es
- ✓ www.vitisnavarra.com

OTRAS

- ✓ Apuntes Ingeniería Técnica Hortofruticultura y Jardinería.
- ✓ Apuntes curso adaptación Grado Ingeniería Agroalimentaria y del medio Rural.
- ✓ *Caracterización agroclimática de Navarra*. Publicaciones del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Dpto. de Agricultura, Ganadería y Montes del Gobierno de Navarra. F. Elías Castillo, L. Ruiz Beltrán.
- ✓ *Cartografía geológica de Navarra escala 1:25.000*. G. Galán, A. García de Domingo, P. Cabra, J. González, G. Díaz. Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. 2002-2003.
- ✓ *Proyecto de Cooperación interterritorial "Olivar, nueva cultura del olivo". "Variedades de olivo en los municipios de la Ribera de Navarra, Cuaderno de campo"*. A. Zafra, J. J. Garnica, A. Malumbres, J. M. Garrido, M. A. Torres. Gráficas Cañete. Depósito Legal Baena, 2011.
- ✓ *Proyecto "Diseño de olivar de alta densidad con almazara para producción de aceite virgen extra"*. M. Arbeloa. UPNA 2006.
- ✓ *Proyecto "Diseño e implantación de olivar de alta densidad en Tafalla (Navarra)"*. J. Armendáriz. UPNA 2009.
- ✓ *Proyecto "Diseño de una explotación de arándanos en el T. M. de Aragües del Puerto (Huesca)"*. L. Garrido. Universidad de Zaragoza.